

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULTRASES PROSESİNİN VİŞNE SUYUNDA SERBEST RADİKAL  
OLUŞUMUNA VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nursena AKTI**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS 2024**



**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULTRASES PROSESİNİN VİŞNE SUYUNDA SERBEST RADİKAL  
OLUŞUMUNA VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nursena AKTI**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Semanur YILDIZ ÖZDEMİR**

**AĞUSTOS 2024**



Nursena AKTI tarafından hazırlanan “ULTRASES PROSESİNİN VIŞNE SUYUNDA SERBEST RADİKAL OLUŞUMUNA VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması 06.08.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### **Tez Jürisi**

**Jüri Başkanı : Dr. Öğr. Üyesi Bengi HAKGÜDER** .....  
Uşak Üniversitesi

**Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Semanur YILDIZ** .....  
**ÖZDEMİR (Danışman)**  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Güliz HASKARACA** .....  
Sakarya Üniversitesi



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “ULTRASES PROSESİNİN VİŞNE SUYUNDA SERBEST RADİKAL OLUŞUMUNA VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(06/08/2024)

Nursena AKTI





*Hayatıma ışık olan tüm sevdiklerime...*



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, kıymetli akademik bilgi ve deneyimleriyle yolumu aydınlatan, yaşadığım tüm engellerde omzumda bir el olan, çalışmamdaki büyük emeklerinden dolayı değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Semanur YILDIZ ÖZDEMİR'e;

Engin birikimlerini paylaşıp her zaman yeni bir bakış açısı kazandıran ve laboratuvar altyapısıyla tez çalışmama destek olan pek kıymetli hocam Prof. Dr. Abdil ÖZDEMİR'e;

Yine laboratuvar altyapısını kullanmamıza olanak tanıyan değerli hocam Prof. Dr. Oktay YEMİŞ'e;

Bu tez çalışmasının değerlendirilmesi için tez savunma jürimde görev alan Dr. Öğr. Üyesi Güliz HASKARACA'ya ve Dr. Öğr. Üyesi Bengi HAKGÜDER'e;

Bir aile gibi olduğumuzu her defasında bana hatırlatan, çalışmamın her aşamasında destek aldığım ve bu süreçte mutluluğu, hüznü, başarıyı hep birlikte göğüslediğimiz, başta Esmâ Nur RECALAR, Sümeyye GÜMÜŞ ve Yaren Didem ESENDEMİR olmak üzere tüm SuProLab ekibine;

Yoluma çıkan tüm çakıl taşlarını benimle birlikte ayıklayan, her koşulda manevi desteğini hissettiğim arkadaşlarım Dilan ÖNDER ve Sude Lale GÜRSEL'e;

Akademik hayatım boyunca bana olan güvenini ve desteğini esirgemeyen, başarıyı birlikte inşa ettiğimiz, sevgili babam Erkan AKTI, annem Nesrin AKTI ve kardeşim Salih Eren AKTI'ya;

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde 2023-19-43-5 proje kodu kapsamında desteklerini sunan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne;

Adını sayamadığım ancak tez çalışmam sürecinde katkı sağlayan, desteklerini hissettiğim tüm değerli hocalarıma, arkadaşlarıma ve canım aileme;

teşekkürlerimi sunarım.

Nursena AKTI



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                                                                      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ .....                                                                                    | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                                                       | ix    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                                                    | xi    |
| KISALTMALAR .....                                                                                                                    | xiii  |
| SİMGELER .....                                                                                                                       | xv    |
| TABLO LİSTESİ .....                                                                                                                  | xvii  |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                                                                                  | xix   |
| ÖZET .....                                                                                                                           | xxi   |
| SUMMARY .....                                                                                                                        | xxiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                       | 1     |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....                                                                                                       | 5     |
| 2.1. Vişne Meyvesi ( <i>Prunus cerasus</i> L.) .....                                                                                 | 5     |
| 2.2. Vişne Suyu ve Konsantreden Üretim Aşamaları .....                                                                               | 6     |
| 2.3. Vişne Suyunun Kompozisyonu ve Biyoaktif Bileşenleri .....                                                                       | 8     |
| 2.4. Vişne Suyunda Fiziksel ve Kimyasal Kalite Özellikleri .....                                                                     | 9     |
| 2.5. Meyve Suyu İşlemede Geleneksel Termal Yöntem .....                                                                              | 10    |
| 2.6. Ultrases Teknolojisi ve Kuramsal Temeller .....                                                                                 | 11    |
| 2.6.1. Ultrases tanımı ve etki mekanizması .....                                                                                     | 11    |
| 2.6.2. Ultrases ekipmanı ve etkili faktörler .....                                                                                   | 12    |
| 2.6.3. Uygulama alanları .....                                                                                                       | 14    |
| 2.7. Ultrases Kaynaklı Serbest Radikal Oluşumu ve Belirleme Yöntemleri .....                                                         | 17    |
| 2.8. Kalite Değerlendirmede Görüntü İşleme Teknolojisinin Kullanımı .....                                                            | 18    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                                                                          | 23    |
| 3.1. Materyal .....                                                                                                                  | 23    |
| 3.1.1. Vişne suyunun elde edilmesi .....                                                                                             | 23    |
| 3.1.2. Kullanılan kimyasallar .....                                                                                                  | 23    |
| 3.2. Yöntem .....                                                                                                                    | 24    |
| 3.2.1. Ultrases prosesinin su ve vişne suyu ortamında serbest radikal oluşturma etkisinin incelenmesi .....                          | 25    |
| 3.2.1.1. Su ortamında ultrases kaynaklı serbest radikal oluşumunun glutatyon indikatörü ile incelenmesi .....                        | 25    |
| 3.2.1.2. Su ortamında ultrases kaynaklı glutatyon oksidasyonunun HPLC analizi ile görüntülenmesi .....                               | 25    |
| 3.2.1.3. Ultrases prosesinin deneysel tasarımı ve optimizasyonu .....                                                                | 26    |
| 3.2.1.4. Optimum genlikte vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı glutatyon oksidasyonunun incelenmesi .....                          | 27    |
| 3.2.1.5. Optimum genlikte su ve vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı oksidasyonun tereftalik asit indikatörü ile incelenmesi ..... | 28    |
| 3.2.1.6. Floresans ölçümü .....                                                                                                      | 28    |
| 3.2.2. Optimum ultrases proses koşullarında vişne suyu üretimi .....                                                                 | 29    |
| 3.2.3. Geleneksel termal pastörizasyon ile vişne suyu üretimi .....                                                                  | 29    |

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.4. LC-QTOF/ESI-MS ile fenolik bileşiklerin belirlenmesi.....                                                          | 29        |
| 3.2.5. Vişne suyunda kalite analizleri .....                                                                              | 30        |
| 3.2.5.1. pH, toplam çözünür katı madde ve titrasyon asitliği .....                                                        | 30        |
| 3.2.5.2. Toplam antosiyanin içeriği.....                                                                                  | 30        |
| 3.2.5.3. Toplam fenolik bileşik içeriği .....                                                                             | 31        |
| 3.2.5.4. Antioksidan aktivitesi (DPPH) .....                                                                              | 31        |
| 3.2.5.5. Kolorimetrik yöntem ile renk özelliklerinin belirlenmesi.....                                                    | 32        |
| 3.2.5.6. Görüntü işleme yöntemi ile renk özelliklerinin belirlenmesi.....                                                 | 32        |
| 3.2.6. İstatistiksel analiz .....                                                                                         | 34        |
| <b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>                                                                                      | <b>35</b> |
| 4.1. Su Ortamında Ultrases Kaynaklı Serbest Radikal Oluşumunun Glutasyon Oksidasyonu ile Tahminlenmesi .....              | 35        |
| 4.2. Optimum Ultrases Proses Koşullarının Seçilmesi.....                                                                  | 38        |
| 4.2.1. Optimum genlikte sonikasyon süresince oksidasyon sürecinin gözlemlenmesi .....                                     | 46        |
| 4.2.1.1. Su ve vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı tereftalik oksidasyonun incelenmesi .....                           | 46        |
| 4.2.1.2. Vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı glutasyon oksidasyonunun incelenmesi .....                                | 49        |
| 4.2.2. Glutasyon ilaveli vişne suyunda ultrases kaynaklı oksidasyonun LC-MS ile belirlenmesi .....                        | 50        |
| 4.2.3. Fenolik bileşiklerin karakterizasyonu .....                                                                        | 52        |
| 4.3. Optimum Ultrases İşlem Koşullarında Üretilen Vişne Suyunun Kalite Özellikleri ve Termal İşlem ile Kıyaslanması ..... | 57        |
| 4.3.1. pH, toplam çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği .....                                                          | 57        |
| 4.3.2. Toplam monomerik antosiyanin içeriği .....                                                                         | 58        |
| 4.3.3. Toplam fenolik madde içeriği .....                                                                                 | 59        |
| 4.3.4. Antioksidan aktivitesinin işleme bağlı değişiminin incelenmesi .....                                               | 61        |
| 4.3.5. Renk özelliklerinin işleme bağlı değişiminin incelenmesi.....                                                      | 62        |
| 4.3.6. Görüntü işleme yöntemi ile renk özelliklerinin değerlendirilmesi.....                                              | 63        |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>                                                                                         | <b>65</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                                                                     | <b>69</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                                                                         | <b>79</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                                                                      | <b>81</b> |

## KISALTMALAR

|              |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------|
| <b>CCD</b>   | : Yk bağlaşımlı cihaz                              |
| <b>CIE</b>   | : Commission Internationale l'Eclairage             |
| <b>DPPH</b>  | : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil                      |
| <b>EPR</b>   | : Elektron paramanyetik rezonans                    |
| <b>ESI</b>   | : Elektrosprey iyonizasyon                          |
| <b>GAE</b>   | : Gallik asit eřdeęeri                              |
| <b>GSH</b>   | : Glutasyon                                         |
| <b>GSSG</b>  | : Oksitlenmiş glutasyon (glutasyon dislfr)        |
| <b>HPLC</b>  | : Yksek basınçlı sıvı kromatografisi               |
| <b>HPP</b>   | : Yksek basınçlı işleme                            |
| <b>HSI</b>   | : Canlılık, parlaklık, hassasiyet renk lçm birimi |
| <b>HTFA</b>  | : 2-Hidroksitereftalik asit                         |
| <b>LC-MS</b> | : Sıvı kromatografisi-ktle spektroskopisi          |
| <b>TA</b>    | : Titrasyon asitliği                                |
| <b>TFM</b>   | : Toplam fenolik bileşik ięerięi                    |
| <b>TMA</b>   | : Toplam monomerik antosiyanin ięerięi              |
| <b>TFA</b>   | : Tereftalik asit                                   |
| <b>RGB</b>   | : Kırmızı, yeşil, mavi renk ölçüm birimi            |



## SİMGELER

|            |                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------|
| <b>W</b>   | : Güç birimi [Watt]                                        |
| <b>kHz</b> | : Frekans ölçüm birimi [kilohertz]                         |
| <b>mm</b>  | : Uzunluk ölçü birimi [milimetre]                          |
| <b>cm</b>  | : Uzunluk ölçü birimi [santimetre]                         |
| <b>s</b>   | : Zaman birimi [saniye]                                    |
| <b>ml</b>  | : Sıvı hacim birimi [mililitre]                            |
| <b>mM</b>  | : Sıvıda çözünmüş maddenin litrede mol sayısı [milimolar]  |
| <b>μM</b>  | : Sıvıda çözünmüş maddenin litrede mol sayısı [mikromolar] |
| <b>L*</b>  | : Aydınlık/beyazlık renk birimi                            |
| <b>a*</b>  | : Kırmızılık/yeşillik renk birimi                          |
| <b>b*</b>  | : Sarılık/mavilik renk birimi                              |
| <b>h</b>   | : Renk parlaklık birimi                                    |
| <b>C*</b>  | : Renk canlılık birimi                                     |



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Vişne suyu içeriğinde bulunan bileşen değerleri .....                                                                   | 8  |
| <b>Tablo 2.2.</b> Meyve suları üzerinde yapılan bazı ultrases uygulamaları .....                                                          | 15 |
| <b>Tablo 2.3.</b> Görüntü işleme teknolojisi kullanılarak meyve suyunda yapılan kalite analizi çalışmaları .....                          | 20 |
| <b>Tablo 3.1.</b> Ultrases prosesinin optimizasyonu için uygulanan deneysel tasarım .....                                                 | 27 |
| <b>Tablo 4.1.</b> Toplam fenolik bileşik içeriği için ultrases parametrelerinin varyans analizi (ANOVA).....                              | 42 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Toplam antosiyanin içeriği için ultrases parametrelerinin varyans analizi (ANOVA).....                                  | 43 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Ultrases prosesinin merkezi kompozit tasarımına dayalı optimizasyonu ile ölçülen ve tahminlenen yanıt değişkenleri..... | 44 |
| <b>Tablo 4.4.</b> Önemsiz parametrelerin eliminasyonu sonrasında indirgenmiş modele göre hesaplanan TMA ve TFA değerleri .....            | 45 |
| <b>Tablo 4.5.</b> LC-MS analizi ile vişne suyunda kalitatif olarak karakterize edilen fenolik bileşikler.....                             | 55 |
| <b>Tablo 4.6.</b> Vişne suyu örneklerinin pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerleri.....                                                  | 57 |
| <b>Tablo 4.7.</b> Vişne suyu örneklerinin kolorimetrik analizle ölçülen renk değerleri.....                                               | 63 |
| <b>Tablo 4.8.</b> Vişne suyu örneklerinin görüntü işleme yöntemi ile ölçülen renk değerleri .....                                         | 63 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Türkiye’de vişne üretim miktarının yıllara göre dağılımı. ....                                                                                                      | 5  |
| Şekil 2.2. Vişne suyu konsantresinin üretim aşamaları. ....                                                                                                                    | 7  |
| Şekil 2.3. Ses dalgalarının frekans aralıklarına göre dalga spektrumlarının gösterimi<br>.....                                                                                 | 11 |
| Şekil 2.4. Ultrases sisteminin genel yapısı. ....                                                                                                                              | 14 |
| Şekil 2.5. Glutasyon (GSH), okside glutasyon (GSSG), tereftalik asit (TFA) ve okside<br>tereftalik asidin kimyasal formüllerinin iki (2D) ve üç (3D) boyutlu<br>gösterimi..... | 18 |
| Şekil 3.1. Tez çalışmasının genel iş akış şeması.....                                                                                                                          | 24 |
| Şekil 3.2. Vişne suyu örneklerinden görüntülerin elde edilmesi .....                                                                                                           | 33 |
| Şekil 3.3. Üretilen vişne sularının fotoğrafları.....                                                                                                                          | 33 |
| Şekil 3.4. Görüntü işleme yöntemi için kullanılan MATLAB kodunun örnek gösterimi.<br>.....                                                                                     | 34 |
| Şekil 4.1. GSH konsantrasyonunun ultrases işlemi süresince değişimi.....                                                                                                       | 35 |
| Şekil 4.2. GSSG konsantrasyonunun ultrases işlemi süresince değişimi. ....                                                                                                     | 36 |
| Şekil 4.3. Suda ultrases işlemi boyunca GSH’nin oksidasyon sonucu GSSG’ye<br>dönüşümüne ilişkin HPLC kromatogramı. ....                                                        | 37 |
| Şekil 4.4. Toplam antosiyanin ve toplam fenolik bileşik içeriği için yüzey yanıt<br>metodolojisiyle elde edilen 3 boyutlu optimizasyon grafikleri.....                         | 39 |
| Şekil 4.5. Optimum koşullarda uygulanan ultrases işlemi boyunca ölçülen sıcaklık<br>değişimi .....                                                                             | 46 |
| Şekil 4.6. Su+TFA örneklerinin farklı sürelerdeki ultrases işlemi sonrasındaki<br>floresans spektrumları .....                                                                 | 47 |
| Şekil 4.7. Ultrases uygulanan vişne suyu+TFA örneklerinin floresans spektrumları<br>.....                                                                                      | 48 |
| Şekil 4.8. Optimum genlikte (%67) farklı sonikasyon sürelerinde (0-30 dk) işlenmiş<br>GSH ilaveli vişne suyu örneklerinin floresans spektrumları .....                         | 49 |
| Şekil 4.9. Ultrases işlemi öncesi ve sonrasında vişne suyu örneklerinin LC-MS<br>kromatogramları.....                                                                          | 51 |
| Şekil 4.10. Ultrases işlemi öncesi ve sonrasında vişne suyu örneklerinin LC-MS<br>spektrumları .....                                                                           | 52 |
| Şekil 4.11. Vişne suyunun LC-MS ile karakterizasyonuna ilişkin kromatogram ve<br>spektrum .....                                                                                | 54 |
| Şekil 4.12. Vişne suyu örneklerinin toplam antosiyanin içeriğinin prosese bağlı<br>değişimi.....                                                                               | 58 |
| Şekil 4.13. Vişne suyu örneklerinin toplam fenolik bileşik içeriğinin işleme bağlı<br>değişimi .....                                                                           | 61 |
| Şekil 4.14. Vişne suyu örneklerinin antioksidan aktivitesinin işleme bağlı değişimi.<br>.....                                                                                  | 62 |



## ULTRASES PROSESİNİN VIŞNE SUYUNDA SERBEST RADİKAL OLUŞUMUNA VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında konsantreden üretilen vişne suyu ve su ortamı model olarak alınarak ultrases (US) prosesinin serbest radikal oluşturma durumunun, konsantreden üretilen vişne suyunun işlenmesinde ultrases prosesinin optimizasyonunun, geleneksel termal işleme kıyasla kullanılabilme potansiyelinin ve meyve suyu kalite özelliklerinin belirlenmesinde görüntü işleme teknolojisinin entegrasyonunun incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, ultrasonikasyon işlemi süresince serbest radikal oluşumunun gözlemlenebilmesi için dolaylı bir yöntem geliştirmek üzere antioksidan özelliğe sahip glutatyon (GSH) ve oksidasyon reaksiyonu ile floresan özellik kazanan tereftalik asit (TFA) indikatör ajanlar olarak kullanılmış, hem su hem de konsantreden üretilen vişne suyu model ortam olarak alınarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ultrasonikasyon işleminin konsantreden üretilen vişne suyunda kullanımı için optimizasyon yapılmış ve bu optimum koşullarda üretilen vişne suyunda kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Fiziksel kalite özelliklerinden birisi olan renk parametrelerinin belirlenmesi için ayrıca görüntü işleme teknolojilerinden faydalanılmıştır.

Serbest radikal oluşumu öncelikli olarak su ortamında GSH kullanılarak çalışılmış ve ve iki farklı çapta prob (13 mm ve 19 mm) kullanılarak %60 ve %80 genlik koşullarında 30 dakika süresince uygulanan sonikasyon işleminde belirli aralıklarla alınan örneklerde GSH'nin oksidasyon düzeyi HPLC ile ölçülmüştür. Ultrases işlem süresi arttıkça GSH'nin oluşan serbest radikallerle reaksiyona girdiği ve buna paralel olarak GSH konsantrasyonunun azaldığı ve okside glutatyon (GSSG) konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. Bu aşamada 19 mm prob ile oluşan GSSG düzeyinin 13 mm proba göre yaklaşık 5 kat daha fazla olması sebebiyle serbest radikal oluşumunun daha fazla olduğu tahminlendiği için daha zorlu koşulları temsil etmesi adına 19 mm prob seçimi yapılarak diğer aşamalarda 19 mm çaplı prob ile devam edilmiştir.

Konsantreden üretilen vişne suyunda biyoaktif bileşiklerin korunması için ultrases proses koşulları 19 mm prob kullanarak ve merkezi kompozit deneysel tasarımı esas alınarak optimize edilmiştir. Genlik (%60-100) ve sürenin (2-15 dk) bağımlı değişkenler olarak; toplam monomerik antosiyanin (TMA) ve toplam fenolik madde içeriğinin (TFM) ise cevap değişkeni olarak kullanıldığı deneysel tasarımla TMA ( $R^2=0.8427$ ) ve TFM ( $R^2=0.8887$ ) içeriklerini maksimize eden %67 genlik ve 7 dakika işlem süresi optimum US koşulları olarak belirlenmiştir. Bu optimum koşullarda hem serbest radikal oluşum durumu hem de ürün kalite özellikleri incelenmiştir.

Optimum genlikte sonikasyon işleminin serbest radikal oluşturma potansiyeli yine dolaylı bir yöntemle ölçülmüş olup bu amaçla TFA'nın oksidasyonla floresan özellik kazanma durumundan faydalanılmıştır. Bu kapsamda ultrases prosesi %67 genlikte 30 dakika süresince sulu TFA çözeltisine (80 mM) uygulanmış ve akabinde floresan spektrofotometresiyle ölçümler alınmıştır. Zamana bağlı olarak alınan örneklerde

sonikasyon süresi arttıkça TFA'nın floresans şiddetinin arttığı gözlemlenmiş, bu durum sonikasyon sırasında oluşan serbest radikallerle gerçekleşen oksidasyon reaksiyonu ile ilişkilendirilmiştir. Sulu ortama ilave olarak vişne suyu ortamına aynı şekilde TFA ve GSH ilavesinin yapılması ve optimum genlikte (%67) 30 dakika sonikasyon işleminin yapılmasıyla model meyve suyu ortamında floresans özellikleri incelenmiş; ancak vişne suyunda önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir. GSH ilaveli meyve suyunda yapılan LC-MS taramasında ise okside glutatyon (GSSG) tespit edilememiştir. Vişne suyunda TFA ve GSH indikatörleri için önemli bir oksidasyon sürecinin gözlemlenmemesi vişne suyunun suya göre daha kompleks yapıda olması ve yüksek antioksidan içeriği dolayısıyla serbest radikallerin indikatörler yerine bu bileşenlerle çok hızlı bir etkileşime girebilme durumuyla ilişkilendirilmiştir.

Son kısımda ise optimum koşullardaki US işleminin (19 mm prob, %67 genlik, 7 dk) vişne suyunun fizikokimyasal kalite özellikleri ile biyoaktif bileşen içerikleri üzerine olan etkisi incelenmiş ve geleneksel termal işlem (90 °C, 1 dakika) ile kıyaslanmıştır. pH, suda çözünür madde içeriği ve titrasyon asitliği gibi özellikler açısından örnekler arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). TMA ise işlenmemiş vişne suyu (kontrol) için 158,93 mg/L düzeyindeyken termal işlemle (154,39 mg/L) US prosesine (160,57 mg/L) kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ( $p<0,05$ ). TFM ise kontrol meyve suyunda 417,89 mg/100 mL olarak belirlenmiş olup hem US (384,86 mg/100 mL) hem de termal işlemle (379,65 mg/100 mL) önemli ölçüde azalırken antioksidan aktivite, işlemde bağımsız olarak stabil kalmıştır. Renk özelliklerinin belirlenmesi için kolorimetrik ölçümün yanısıra yenilikçi bir teknoloji olan görüntü işleme teknolojisi kullanılarak MATLAB yardımıyla vişne suyunun renk değerlerinin ölçümü sağlanmış, gıda kalite analizleri açısından uygulanabilirliği incelenmiştir. Her iki yöntem de  $L^*$  değerinin tüm örneklerde aynı olduğunu;  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise ultrases işlemi boyunca korunduğu, ancak termal işlemin kontrole kıyasla anlamlı bir fark oluşturduğu sonucunu ortaya koymuştur ( $p<0,05$ ). Bu anlamda uygulanan kolorimetrik yöntem ile görüntü işleme yönteminin çıkarımları birbiriyle uyumlu olmakla birlikte kolorimetrik olarak ölçülen renk parametreleri ile görüntü işleme ile tahminlenen renk parametreleri kıyaslandığında iki yöntemin belirlediği değerler arasında farklılıklar oluşabildiği görülmüştür.

Elde edilen veriler, ultrases prosesinin ürüne spesifik olarak optimize edilmesi durumunda, ısıl işlemin kalite özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerini minimize ederek, vişne suyunun antosiyanin içeriğini ve antioksidan kapasitesini koruyarak işlenmesine olanak sağladığını göstermiştir. Ultrases prosesi serbest radikal oluşturma konusunda bazı endişeler yaratsa da vişne suyunda bulunan güçlü antioksidanlar bu radikalleri etkisiz hale getirmekte ve geleneksel termal pastörizasyona kıyasla fenolik bileşik içeriğinde önemli bir kayba neden olmamaktadır. Ayrıca, sınıflandırma, kusur tespiti, mikrobiyal analiz, renk analizi gibi birçok alanda kullanım alanı giderek artan ve gıda endüstrisi için büyük potansiyel taşıyan görüntü işleme teknolojisinin, henüz kullanım durumu az olan meyve suyu endüstrisine entegrasyonu ve gıda kalitesinin değerlendirilmesi açısından umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Vişne suyu, ultrases teknolojisi, serbest radikal oluşumu, termal pastörizasyon, toplam antosiyanin içeriği, toplam fenolik bileşik içeriği, renk özellikleri, görüntü işleme teknolojisi.

## **THE EFFECT OF ULTRASOUND PROCESSING ON FREE RADICAL FORMATION AND PRODUCT QUALITY CHARACTERISTICS IN SOUR CHERRY JUICE**

### **SUMMARY**

This thesis aims to investigate the potential of the ultrasound (US) process in generating free radicals, the optimization of the ultrasound process in processing sour cherry juice produced from concentrate, its potential use compared to conventional thermal processing, and the integration of image processing technology in determining the quality characteristics of fruit juice, using sour cherry juice produced from concentrate and a water environment as a model. Acoustic cavitation generated by ultrasound process in a liquid medium can cause the formation of radicals, including  $\text{OH}^\bullet$  and  $\text{H}^\bullet$  radicals, which can initiate radical chain reactions. Therefore, experiments were conducted using both water and sour cherry juice produced from concentrate as model environments, with glutathione (GSH), which has antioxidant properties, and terephthalic acid (TFA), which gains fluorescent properties through oxidation reactions, used as indicator agents to develop an indirect method for observing free radical formation during the ultrasonication process. Additionally, the ultrasonication process was optimized for its use in sour cherry juice produced from concentrate, and the quality characteristics of the juice produced under these optimal conditions were evaluated. Image processing technology was also utilized to determine color parameters, which are among the physical quality characteristics.

Free radical formation was primarily studied in a water environment using GSH, and the oxidation level of GSH was measured by HPLC in samples taken at specific intervals during a 30-minute sonication process, applied with two different probe diameters (13 mm and 19 mm) under 60% and 80% amplitude conditions. It was observed that as the ultrasonication time increased, GSH reacted with the generated free radicals, leading to a decrease in GSH concentration and an increase in oxidized glutathione (GSSG) concentration. At this stage, since the GSSG level generated with the 19 mm probe was approximately 5 times higher than that with the 13 mm probe, indicating a higher level of free radical formation, the 19 mm probe was selected to represent more challenging conditions, and the subsequent stages continued with the 19 mm probe.

The ultrasound process conditions for preserving bioactive compounds in sour cherry juice produced from concentrate were optimized using a 19 mm probe and based on a central composite experimental design. Amplitude (60%-100%) and duration (2-15 minutes) were used as independent variables, while total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic content (TFM) were used as response variables. According to the experimental design, the optimal ultrasound conditions that maximized TMA ( $R^2=0.8427$ ) and TFM ( $R^2=0.8887$ ) content were determined to be 67% amplitude and 7 minutes of processing time. Under these optimal conditions, both free radical formation and product quality characteristics were examined.

The free radical generation potential of the sonication process at optimal amplitude was measured using an indirect method, taking advantage of TFA's ability to acquire fluorescent properties through oxidation. In this context, the ultrasound process was applied to an aqueous TFA solution (80 mM) at 67% amplitude for 30 minutes, followed by measurements using a fluorescence spectrophotometer. In samples taken over time, it was observed that as the sonication duration increased, the fluorescence intensity of TFA also increased, which was associated with oxidation reactions occurring due to the free radicals generated during sonication. In addition to the aqueous solution, TFA and GSH were added to a sour cherry juice environment in the same manner, and the model fruit juice environment was subjected to sonication at 67% amplitude for 30 minutes, during which fluorescence properties were examined; however, no significant differences were observed in the sour cherry juice. Furthermore, in the LC-MS scan of the fruit juice with added GSH, no oxidized glutathione (GSSG) was detected. The lack of a significant oxidation process for the TFA and GSH indicators in sour cherry juice was attributed to the juice's more complex structure compared to water and its high antioxidant content, which likely caused the free radicals to rapidly interact with these components rather than with the indicators.

In the final part, the effects of the ultrasound (US) process under optimal conditions (19 mm probe, 67% amplitude, 7 minutes) on the physicochemical quality characteristics and bioactive compound contents of sour cherry juice were examined and compared to conventional thermal processing (90°C, 1 minute). No significant differences ( $p > 0.05$ ) were observed between the samples in terms of pH, soluble solids content, and titratable acidity. The total monomeric anthocyanin (TMA) content in unprocessed sour cherry juice (control) was 158.93 mg/L, while it significantly decreased with thermal processing (154.39 mg/L) compared to the US process (160.57 mg/L) ( $p < 0.05$ ). The total phenolic content (TFM) in the control juice was 417.89 mg/100 mL, and it significantly decreased with both US (384.86 mg/100 mL) and thermal processing (379.65 mg/100 mL), while antioxidant activity remained stable regardless of the treatment. In addition to colorimetric measurements for determining color properties, an innovative technology, image processing using MATLAB, was employed to measure the color values of sour cherry juice, and its applicability to food quality analysis was evaluated. Both methods revealed that the  $L^*$  value remained the same across all samples, while the  $a^*$  and  $b^*$  values were preserved during the ultrasound process but showed significant differences compared to the control after thermal processing ( $p < 0.05$ ). Although the conclusions from the colorimetric method and image processing method were consistent, it was observed that differences could arise between the values determined by the two methods when comparing the color parameters measured colorimetrically to those predicted by image processing.

The obtained data demonstrate that, when the ultrasound process is specifically optimized for the product, it allows the processing of sour cherry juice by preserving its anthocyanin content and antioxidant capacity, while minimizing the negative effects of thermal processing on quality characteristics. Although the ultrasound process raises some concerns regarding the formation of free radicals, the strong antioxidants present in sour cherry juice neutralize these radicals, preventing significant losses in phenolic content compared to conventional thermal pasteurization. Additionally, promising results have been obtained regarding the integration of image processing technology—which is increasingly used in areas such as classification, defect detection, microbial analysis, and color analysis, and holds

great potential for the food industry—into the fruit juice industry, where its use is still limited, for the evaluation of food quality.

Keywords: Sour cherry juice, ultrasound technology, free radical formation, thermal pasteurization, total anthocyanin content, total phenolic content, color properties, image processing technology.





## 1. GİRİŞ

Meyveler antioksidan özellikleriyle bilinen polifenoller ve antosiyaninler olmak üzere birçok biyoaktif bileşikler açısından değerli bir kaynaktır. Vişne ise dünyada ve Türkiye’de oldukça popüler, geniş üretim alanına sahip bir meyve olarak dikkat çekmektedir. Taze tüketiminin yanı sıra reçel, marmelat, vişne suyu gibi birçok formda üretimi sağlanmaktadır (Can Karaca vd., 2016). İşleme alanlarındaki bu çeşitlilik, gıda endüstrisinde sıkça tercih edilen bir meyve olmasını mümkün kılmıştır (Blando ve Oomah, 2019; Balkan ve Kara, 2020). Vişne suyu; yapısında mineraller, antioksidanlar, vitaminler ve diğer biyoaktif bileşikler bulundurması açısından insan sağlığına da olumlu etkilere sahip bir meyve suyudur (Hevesi vd., 2012.; Yılmaz vd., 2019). Yüksek antioksidan özelliğe sahip oluşu, antosiyaninler gibi antioksidatif etkiye sahip fenolik bileşik içeriğince zengin olması ile açıklanmaktadır (Blando ve Oomah, 2019). Antosiyaninler, güçlü antioksidan özelliklerinin yanı sıra vişne suyunun karakteristik kırmızı renginden de sorumlu fenolik bileşiklerdendir. Diğer fenolik bileşikler ise antioksidan aktivitesi yüksek, antikarsinogenik ve antimikrobiyal etkilere sahip olup insan sağlığı üzerinde çeşitli olumlu etkiler göstermektedir. (Cásedas vd., 2016).

Meyveler %100 meyve suyu, konsantreden meyve suyu, nektar ve meyve içecekleri gibi çeşitli farklı içecek türlerine işlenebilmektedir (Jumlah vd., 2016). Ancak, meyve suyu işleme sürecindeki basamaklar biyoaktif bileşiklerin degradasyonuna ve dolayısıyla nihai üründe besin kalitesi ve duyu özellikleri açısından kayıplara yol açabilmektedir (Polydera vd., 2005). Meyve suyu konsantresinden meyve suyu üretimi ise evaporasyon, suyun geri kazandırılması ve akabinde ısıtma işlemi gibi ardışık aşamaları içermekte olup daha önceden evaporasyon işlemi görmüş olan meyve suyu konsantresinin meyve suyuna dönüştürülmesi sırasında tekrardan ısıtma işlemine maruz bırakılması meyve sularının biyoaktif bileşenlerinin degradasyonunu artırabilme riski taşımaktadır (Adnan vd., 2018). Örneğin, vişne suyu üretimi sırasında uygulanan işlemler, sıcaklık ve oksijen maruziyeti gibi faktörler, fenolik bileşiklerin stabilitesini ve içeriğini olumsuz etkileyerek kalite özelliklerini düşürebilmektedir (Repajić vd., 2019; Hooshyar vd., 2020). Araştırmacılar, tüketici beklentilerini karşılamak ve gıda

kalitesini artırmak için yeni teknolojiler geliştirme çalışmaları yapmaktadır. Bu teknolojiler ile ürünlerin besin değerini artırırken aynı zamanda tat, renk ve diğer organoleptik özelliklerini korumak amaçlanmaktadır (Hosseini vd., 2021; Alifakı ve Gök, 2024).

Isıl olmayan bir işlem olan ultrases prosesi (US) sıcaklığın kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin azaltılması ve biyoaktif bileşenlerin korunması açısından ısıtma işlemine alternatif, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır (Barbosa-Cánovas vd., 2021). US düşük frekanslı ses dalgalarını kullanmakta ve akustik kavite mekanizmasıyla meyve sularında fiziksel ve kimyasal etkiler oluşturmaktadır (Tiwari ve Mason, 2012). Akustik kavite olayı ile meyve suyu içerisinde hücre içi bileşenlere etki ederek mikrobiyal inaktivasyon, ekstraksiyon ve kalite özelliklerinin korunması gibi amaçlarla kullanılabilen potansiyel bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Samani vd., 2015; Türken ve Erge, 2017; Hosseini vd., 2021; Alifakı ve Gök, 2024). Yapılan literatür çalışmaları US teknolojisinin farklı meyve sularının işlenmesinde biyoaktif bileşenlerin korunması açısından kullanım potansiyelini ortaya koymakta (Tiwari ve Mason, 2012; Hooshyar vd., 2020; Yıldız vd., 2021) ancak, bu akustik kavite etkisinin serbest radikal oluşturma ve bu radikallerin biyoaktif maddelerle etkileşime girerek degradasyona yol açma riski araştırılması önem arz eden konular arasında yer almaktadır. US sağladığı birçok avantaja rağmen, işlem sırasında serbest radikal oluşumu ürünün kalite özellikleri üzerinde dejeneratif etkiler oluşturma potansiyeli taşıdığı için önemli bir endişe oluşturmaktadır. Sıvı bir ortam içindeki akustik kavite,  $\text{OH}^\bullet$  ve  $\text{H}^\bullet$  dahil olmak üzere zincir reaksiyonları başlatabilen radikaller üretebilmektedir (Riesz vd., 1985). Ultrases prosesinin oluşturduğu serbest radikallerin biyoaktif bileşenlerin oksidasyonu üzerinde bir etki yaratabilmesi, bu sürecin izlenmesini gerekli kılmaktadır (Režek Jambrak vd., 2021). Özellikle uzun süreli işlemede serbest radikallerin gıda bileşenleriyle etkileşime girmesi ve ürün kalitesine tehdit oluşturmaları dolayısıyla serbest radikal oluşum mekanizmasının ve gıda üzerindeki etkilerinin anlaşılması önemli bir kriterdir (Režek Jambrak vd., 2018).

Ultrases prosesi boyunca üretilen yüksek derecede reaktif radikaller kısa süreli oluştuktan hemen sonra reaksiyona girerek oksidasyon yarattığından (Kidak ve Ince, 2007), tespit edilebilmesi için diğer kimyasallar ile görünür formlara dönüştürerek yakalamak gerekmektedir. Bu bağlamda tereftalik asit (TFA) ve indirgenmiş glutatyon

(GSH) gibi bileşikler radikal duyarlı indikatörler olarak görev yapabilmekte ve çözelti içindeki radikal oluşumunun ölçülmesini sağlayabilmektedir (Fang vd., 1996). Birkaç saat boyunca stabil kalabilen floresan 2-hidroksi-tereftalat (HTFA) geleneksel florimetrik yöntemler ile kolaylıkla ölçülebilmektedir (Saran ve Summer, 1999). Oksidasyon sonucu floresans özellik gösteren HTFA, çözelti içinde serbest radikallerin etkileşimini floresans özelliğindeki değişiklikler üzerinden değerlendirilebilme fırsatı sunmaktadır (Ishibashi vd., 2000). Glutasyon (GSH) ise, güçlü antioksidan özelliğe sahip bir tripeptit olmakla birlikte yiyecek ve içeceklerde çok önemli bir rol oynamaktadır (Battin ve Brumaghim, 2009; Gaucher vd., 2018). İnsan vücudunda oksidatif strese hücresel yanıt sağlamakta, radikalleri yok ederek hücre ölümü dahil olmak üzere potansiyel hasar riskini azaltmaktadır. GSH, herhangi bir reaktif ortam varlığında oksitlenerek oksitlenmiş glutatyona (GSSG) (glutasyon disülfür) dönüşmektedir (Gaucher vd., 2018). Bu veriler ışığında TFA ve GSH'nin, meyve suyu içerisinde gerçekleşen oksidasyon süreçlerinin izlenmesinde gösterge işlevi göreceği kanaatine varılmıştır.

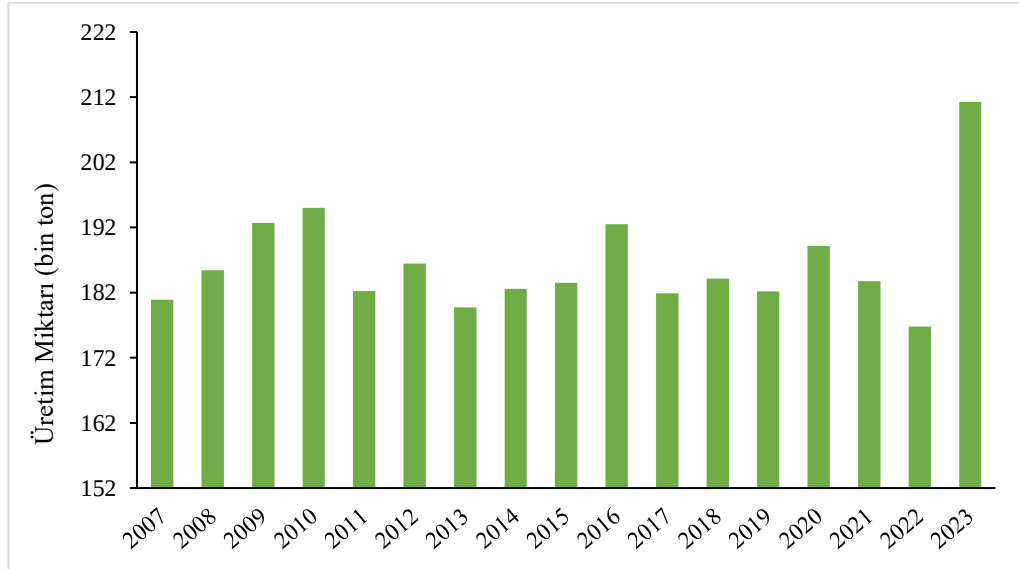
Gıda kalite kontrolü ise gıda kayıplarının en aza indirilmesi ve tüketicilere yüksek kaliteli ürünlerin sunulması için kritik bir adımdır (Awad vd., 2012). Gıdalarda fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite kontrol süreçleri geleneksel olarak uygulanmakta olup öte yandan gıda endüstrisini dijitalleşmesine paralel olarak kalite kontrolü için de dijital çözümler geliştirilmektedir (Dos Santos Benedetti vd., 2015). Özellikle görüntü işleme temelli bilgisayarlı görme yöntemleri, meyve ve sebzeler için boyut, şekil, renk, ağırlık ve doku gibi kalite göstergelerinin belirlenmesini kolaylaştıran gelişmiş bir araç haline gelmiş olup görüntü işleme teknolojisinin meyve suyu endüstrisine entegrasyonunun sağlanması ise daha çok çalışmaya ihtiyaç bulunan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Fernández-Vázquez vd., 2014; Beltrame vd., 2021b). Renk, gıda ürünlerinin tüketiciye sunulan ilk izlenimi oluşturmakta ve dolayısıyla ürün kalitesi için önemli bir parametredir (Pedisić vd., 2009; Repajić vd., 2019). Bu nedenle, vişne suyunun renk özelliklerindeki değişikliklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi, ürün kalitesinin değerlendirilmesi açısından kritiktir. Görüntü işleme teknolojisi, dijital görüntülerden bilgi çıkarmak ve bu bilgiyi analiz etmek için kullanılan bir yöntem olup renk ve dokusal özellikler gibi görsel bilgilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Dubey ve Jalal, 2015; Ranjbarardestani, 2016).

Bu tez çalışması ise; konsantreden üretilen vişne suyu ve su ortamı model olarak alınarak ultrases prosesinin serbest radikal oluşturma etkisini, konsantreden üretilen vişne suyu için ultrases prosesinin optimizasyonunu, ultrases prosesinin geleneksel termal işleme kıyasla konsantreden üretilen vişne suyu için kullanılabilme potansiyelini ve son olarak görüntü işleme teknolojisinin meyve suyu kalite özelliklerini belirleme süreçlerine entegrasyonunu araştırmayı amaçlamaktadır. Ultrases kaynaklı serbest radikal oluşumunun incelenebilmesi için öncelikle su ortamında ve ardından model gıda olarak seçilen vişne suyu ortamında farklı indikatörler kullanılarak serbest radikal oluşumu ölçümlenebilir stabil bileşenlere dönüştürülmüş ve akabinde kromatografik ve spektroskopik yöntemlerle Elektron Paramanyetik Rezonans (EPR) spektroskopisine alternatif olarak dolaylı bir metot geliştirilmiştir. Bu kapsamda seçilen prob ile bir sonraki aşamaya geçilmiş ve vişne suyu kalite özelliklerinin korunması amacıyla ultrases proses koşullarının yüzey yanıt yöntemiyle optimizasyonu sağlanmıştır. Proses optimizasyonu ile vişne suyu içeriğinde bulunan biyoaktif bileşenlerin maksimize edildiği ultrasonikasyon koşullarının belirlenmesi ve kalite kayıplarının en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Optimum koşullarda işlenen vişne suyu hem işlenmemiş hem de geleneksel termal paatörizasyona tabi tutulmuş olan meyve suyu örnekleriyle kıyaslanarak kalite özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla toplam antosiyanin içeriği, toplam fenolik bileşik içeriği, antioksidan aktivitesi ve renk özellikleri gibi bir dizi kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kalite özelliklerinden birisi olan renk parametreleri kolorimetrik yöntemin yanı sıra görüntü işleme yöntemiyle de tahminlenmiş olup görüntü işleme teknolojisinin meyve suyu endüstrisinde uygulanabilirliğini ortaya koyma ve gelecek perspektifi oluşturma açısından literatüre katkıda bulunulmuştur. Bu tez çalışması genel kapsamda meyve suyu endüstrisinde üretim ve kalite kontrol süreçlerine alternatif bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1. Vişne Meyvesi (*Prunus cerasus* L.)

Vişne, içeriğinde bulunan yüksek biyoaktif bileşiklerle insan beslenmesinde önemli bir meyve olarak ön plana çıkmaktadır (Bayram ve Öztürkcan, 2020; Cásedas vd., 2016). Küresel çapta kendine yaygın bir üretim alanı bulan vişne, özellikle Türkiye’de popülaritesi çok yüksek bir meyvedir (Cásedas vd., 2016; Duru vd., 2022). Taze olarak tüketilebilmesiyle birlikte; şekerleme, marmelat, reçel, vişne suyu gibi işlenmiş formda da sıkça tüketime sunulmaktadır (Yılmaz vd., 2019). İşleme alanlarının bu denli çeşitliliği gıda endüstrisinde sıkça tercih edilen bir meyve olmasını sağlamaktadır (Kazazic vd., 2022). Türkiye’de özellikle İç Anadolu, Orta Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde yetişmekte ve toplam üretim miktarının büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır (Durmuş ve Yiğit, 2003). TÜİK verilerine göre 2022 yılında 176.770 ton olarak kaydedilen üretim miktarı, 2023 yılında %19,5 artarak 211.291 tona yükselmiştir. 2007 yılından bu yana Türkiye’de üretilen vişne miktarındaki değişim Şekil 2.1’de verilmiştir (Anonim, 2023).

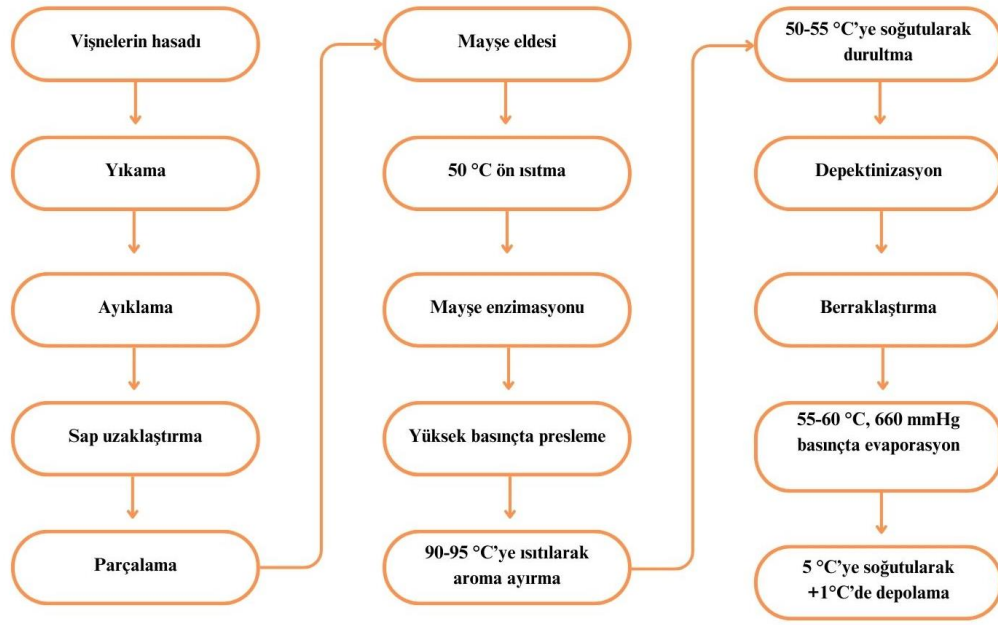


Şekil 2.1. Türkiye’de vişne üretim miktarının yıllara göre dağılımı (Anonim, 2023).

## 2.2. Konsantreden Vişne Suyu Üretim Aşamaları

Vişne, hasat sonrasında tüketiciye ulaşacak nihai formu için bir dizi işleme süreçlerine tabi tutulmaktadır. Bu süreçteki aşamalar, elde edilecek son ürünün çeşidine göre farklılıklar göstermektedir. Taze tüketiminin yanı sıra, reçel, marmelat, şurup, likör, nektar ve vişne suyu gibi çeşitli formlarda üretilebildiğinden, endüstride uygulanan çeşitli prosesler karşımıza çıkmaktadır. Endüstriyel vişne suyu üretiminde, tesisten tesise basamaklar farklılık gösterebilse de genel bazda konsantre halinden vişne suyu üretimi yapıldığı görülmektedir (Norouzi vd., 2021).

Konsantre vişne suyu üretimi üreticiye birçok avantaj sağlamaktadır. En önemli avantajlarından biri, su aktivitesinin düşmesi ile oluşabilecek mikrobiyolojik üremenin minimize edilmesidir (Maskan, 2006). Böylece vişne suyunun besin değerleri ve kalite özellikleri olabildiğince korunurken, daha uzun süre depolama imkânı oluşmaktadır (Alichina, 2014). Bunun yanı sıra hacim azaldığından nakliyat ve depolamada kolaylık sağlamak ve üreticinin bu aşamalarındaki maliyetini düşürmektedir (An vd., 2019). Taze vişne yalnızca mevsiminde hasadı yapıldığından, konsantre olarak elde edilen ürün dört mevsim endüstriyel üretimi mümkün kılmaktadır (Benli Tüfekci vd., 2010). Ayrıca konsantre vişne suyu, çeşitli ürünlerin üretilmesi için elverişli bir yapıya sahip olmakla birlikte, bu ürünlerin tekstürel özelliklerinin ayarlanabilmesi konusunda da kolaylık sağlamaktadır (Alichina, 2014). Sağladığı bu gibi avantajlar, üreticiyi endüstriyel vişne suyunun konsantre formundan su ile seyreltmek suretiyle üretimine itmektedir. Konsantre vişne suyunun endüstriyel üretim aşamaları (Demirdöven vd., 2016) Şekil 2.2.'de özetlenmiştir.



**Şekil 2.2.** Vişne suyu konsantresinin üretim aşamaları (Demirdöven vd., 2016).

Vişne; hasat sonrası işlenmek üzere öncelikle yıkama, ayıklama, saplarından uzaklaştırma ve parçalama işlemlerine tabi tutulmaktadır. Daha sonra elde edilen mayşe, 50°C'ye ısıtılarak pektinaz enzimi ilavesi ile yüksek basınçta preslenmektedir. Oluşan bulanık meyve suyu 90-95°C'ye ısıtılarak bir aroma tutucu aracılığıyla aromasının elde edilmesi sağlanmakta ve işlem sonrası sıcaklık 50-55°C'ye geri getirilmektedir. Bulanıklığın giderilmesi amacıyla tekrardan pektolitik enzimler yardımıyla depektinizasyon işlemi yapılarak berraklaştırma gerçekleştirildikten sonra konsantre hale getirmek için vişne suyuna 55-60°C sıcaklıklarda yüksek basınçta evaporasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu sayede vişne suyundaki su miktarı olabildiğince uzaklaştırılarak konsantre hale getirilmektedir (yaklaşık 65 °Brix). Elde edilen konsantre vişne suları soğutulma işleminin ardından +1°C'de daha sonra işlenmek üzere depolanmaktadır. Vişne nektarı ya da vişne suyu gibi ürünlerin eldesi için konsantre vişne suları uygun °Brix derecesine göre suyla seyreltilerek pastörize edilmekte ve tüketime hazır hale getirilmektedir (Belibağlı ve Dalgic, 2007; Demirdöven vd., 2016).

Konsantreden vişne suyu üretiminin üreticiye sağladığı avantajlar yadsınamaz olsa da proses süresince gerçekleştirilen yüksek ısıl işlemler, vişnenin kalite özellikleri açısından risk oluşturabilmektedir (Patino, 2017). Yapılan bu çalışmada, endüstriyel

süreçlere sadık kalabilmek ve evaporasyon işleminin yaratmış olabileceği olumsuz etkileri gözlemleyebilmek adına, analiz için kullanılacak vişne suları ticari konsantre vişne suyu temin edilerek hazırlanmıştır. Endüstriyel olarak üretilen vişne suyunun besin değerleri Türkomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'ndan alınan veriler ile Tablo 2.1.'de gösterilmiştir (Anonim, 2024).

**Tablo 2.1.** Vişne suyu içeriğinde bulunan bileşen değerleri (Yenilebilir 100 g'ı için hesaplanmıştır) (Anonim, 2024).

| Bileşen       | Birim | Ortalama |
|---------------|-------|----------|
| Enerji        | kcal  | 51       |
| Enerji        | kJ    | 215      |
| Su            | g     | 87,06    |
| Kül           | g     | 0,17     |
| Yağ, toplam   | g     | 0,08     |
| Karbonhidrat  | g     | 12,69    |
| Glukoz        | g     | 5,91     |
| Fruktoz       | g     | 5,55     |
| Tuz           | mg    | 9        |
| Demir, Fe     | mg    | 0,09     |
| Fosfor, P     | mg    | 4        |
| Kalsiyum, Ca  | mg    | 5        |
| Magnezyum, Mg | mg    | 3        |
| Potasyum, K   | mg    | 64       |
| Sodyum, Na    | mg    | 4        |
| Çinko, Zn     | mg    | 0,02     |

### 2.3. Vişne Suyu Kompozisyonu ve Biyoaktif Bileşenleri

Vişne suyu iyi bir şeker/asit dengesine sahip, besin değeri açısından zengin ve nispeten düşük kalorili olması açısından tüketici tercihi bir ürün olarak ön plana çıkmaktadır (Bozhuyuk, 2022). Ayrıca vişne suyunun içeriğinde bulunan potasyum gibi mineraller, flavonoidler, karotenoidler, antosiyaninler, organik asitler, vitaminler ve birçok polifenol ve fitokimyasal bileşikler ürüne yüksek antikarsinogenik, antioksidan ve antiinflamatuvar özellik kazandırmaktadır (Özen vd., 2020). Polifenoller vişne suyu

kompozisyonun önemli bileşenlerindendir (Perjéssy vd., 2022). En fazla bulunan polifenollerden biri olan ve oksidatif stresi azaltıcı etkiye sahip flavonoidler, vişne suyunda genellikle kuarsetin, kaemferol, isoramnetin ve apigeninin farklı formlarında bulunmaktadır (Elez Garofulić vd., 2017; Bozhuyuk, 2022). Polifenollerden bir diğeri olan fenolik asitler ise antioksidan özelliği bakımından zengin olup vişne suyunda kafeik asit ve klorojenik asidin çeşitli formlarını içermektedir (Repajić vd., 2019). Önemli polifenollerden bir diğeri ise siyanidin türevlerini barındıran antosiyaninlerdir. Antosiyaninler de antioksidan ve antimikrobiyal etkileriyle öne çıkmakla birlikte vişne suyunda bulunan toplam polifenollerin yaklaşık %35-40'ını oluşturmaktadır (Damar ve Ekşi, 2012). Vişne suyunu karakterize eden tüm bu bileşenler; renk, aroma, tat gibi fiziksel özellikleri belirlemelerinin yanı sıra pH, antioksidan kapasitesi gibi kimyasal kalite özellikleri açısından da belirleyici bir rol oynamaktadır (Elez Garofulić vd., 2017).

#### **2.4. Vişne Suyunda Fiziksel ve Kimyasal Kalite Özellikleri**

Vişne suyu, zengin besin içeriği ve çeşitli biyoaktif bileşenleri ile besleyici ve insan sağlığı açısından olumlu etkilere sahip bir meyve suyudur (Yıldız vd., 2022). Vişne suyunun kalitesinde; renk, tat, aroma, besin değeri, mikrobiyolojik güvenlik, kimyasal ve fiziksel kalite gibi birçok faktör rol oynamaktadır. Kalite kontrol süreçlerinin titizlikle uygulanması, yüksek kaliteli ve güvenli vişne suyu üretimini mümkün kılmakta ve tüketici memnuniyeti sağlamaktadır (Ricardo-Rodrigues vd., 2023). Vişne suyunun kalitesi, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerin analizi ile belirlenmektedir. Bu parametrelerin belirlenmesinde çeşitli analiz yöntemleri uygulanmaktadır. Vişne suyunda en önemli kalite kriterlerinden biri biyoaktif bileşenlerin korunumudur (Głowacka vd., 2020). Antosiyaninler, vişne suyunun belirgin kırmızı renginden sorumlu pigmentler olmakla birlikte yüksek antioksidan özelliğe de sahiptir (Yıldız vd., 2022). Renk stabilitesini korumak, vişne suyu için başlıca kalite parametrelerinden olmasına rağmen (Ribárszki vd., 2022) gıda işleme ve depolama süreçlerine bağlı olarak antosiyanin içeriğinde ve renk özelliklerinde kayıp meydana gelebilmektedir (Hooshyar vd., 2020). Antosiyaninlerin yanı sıra flavonoid gibi polifenoller yüksek antioksidan özellik göstermeleri açısından bir diğer önemli kriter olarak ön plana çıkmaktadır (Głowacka vd., 2020). Antioksidan özellik, serbest radikallerin insan vücudunda oluşabilecek hücre hasarını azaltmaya, kardiyovasküler sistemi korumaya ve bağışıklık sistemini güçlendirmeye yardımcı olmaktadır.

Vitamin ve kalsiyum, potasyum gibi minerallerce de zengin bir yapıya sahip vişne suyunda, insan sağlığı için olumlu etkilere sahip besleyici bileşenlerin korunması kalite özelliklerini arttırıcı bir etkiye sahiptir (Ricardo-Rodrigues vd., 2023).

Vişne suyu içeriğinde bulunan glukoz, fruktoz gibi şekerler ve organik asitler tatlı-ekşi tat özelliklerini belirlemektedir. Özellikle malik asit, vişne suyunun karakteristik ekşi tadını verirken, şekerler ile tatlı-ekşi dengesi korunmaktadır (Arjeh vd., 2015). °Brix değeri, vişne suyunun içerisinde bulunan çözünür katı maddenin yüzde değeri olarak ifade edilmektedir. Bu değer; şeker, asit gibi bileşenlerin konsantrasyonunun bir göstergesi olduğundan, tat profilinin oluşmasında önemli bir parametredir (Repajić et al., 2019). Genellikle 3,0-4,0 pH değerine sahip olan vişne suyu, asidik yapısı sayesinde mikrobiyal yükün düşük olmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte işleme sırasında uygulanan pastörizasyon gibi işlemler mikroorganizmaların aktivitesinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır (Bayindirli vd., 2006).

Berraklık ve partikül içeriği de vişne suyunda tüketici algısı göz önünde bulundurulduğunda önemli bir kalite parametresidir. Vişne suyunda pektin bulanıklık yaratan bir madde olması nedeniyle endüstriyel üretimde pektinaz enzimleri yardımıyla uygulanan depektinizasyon işlemi ürünün daha berrak bir forma getirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca işleme süreçlerinde yapılan filtrasyon uygulamaları çöken ve istenmeyen partiküllerin üründen uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır (Velioğlu ve Yıldız, 2014).

Kalite özelliklerinin korunumunda hasat sonrası stoklama, ürün işleme ve depolama gibi unsurlar kritik noktaları oluşturmaktadır (Głowacka vd., 2020). İşleme sırasında oksidasyon ve biyoaktif bileşenlerin bozunumu, depolamaya bağlı renk değişimleri gözlelenebilmekte ve kalite kriterleri açısından risk oluşturabilmektedir (Ribárszki vd., 2022). Temel kalite kriterleri kapsamınca pH, °Brix, asidite, antioksidan aktivitesi, polifenol içeriği, renk değerleri ve mikrobiyal yük değerlendirilmekte ve ürünün kalitesi analiz edilmektedir (Velioğlu ve Yıldız, 2014; Elez Garofulić vd., 2017).

## **2.5. Meyve Suyu İşlemede Geleneksel Termal Yöntem**

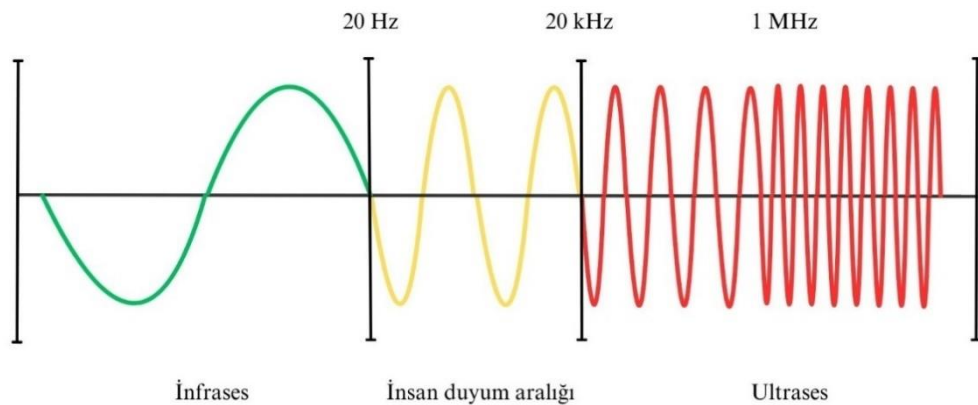
Geleneksel termal pastörizasyon, gıda ürünlerinin güvenliğini ve raf ömrünü artırmak için yaygın olarak kullanılan bir ısıtma işlemidir (Ankaralıgil ve Hakgüder Taze, 2022). Bu süreç, gıda ürünlerinin belirli bir sıcaklıkta belirli bir süre ısıtılarak patojen mikroorganizmaların ve bozulmaya neden olan enzimlerin inaktive edilmesini

sağlamaktadır (Hooshyar vd., 2020). Vişne suyunda geleneksel termal pastörizasyon işlemi genel olarak ön ısıtma, ısıtma ve soğutma olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Ön ısıtma pastörizasyon etkinliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Isıtma işlemi esas pastörizasyon işleminin gerçekleştirildiği aşamadır. Bu aşamada vişne suyu 60-90°C'ye ısıtılmakta ve işlem süresi genellikle 30 saniye ile 1 dakika arasında tutulmaktadır. Ardından vişne suyunun geri soğutulması işlemi yapılmaktadır. Bu işlem ile oda sıcaklığına (25°C) getirilen vişne suyunun kalite özelliklerinin olabildiğince korunması ve mikrobiyal stabilitenin sağlanması amaçlanmaktadır (Santhirasegaram vd., 2015; Ağçam vd., 2018). Mikrobiyal kalite açısından olumlu etkileri olsa da yüksek ısılar biyoaktif bileşenlerin degradasyonu konusunda risk taşıması nedeniyle alternatif ısı olmayan işleme yöntemlerinin araştırılması ve uygulanmasına yol açmaktadır (Bhattacharjee vd., 2019). Yüksek basınçlı işleme (HPP), ultrases teknolojisi ve ultraviyole ışınlama gibi işleme yöntemleri vişne suyunda yaygın olarak tercih edilen alternatif ve potansiyeli yüksek yöntemler olarak ön plana çıkmaktadır (Aghajanzadeh ve Ziaifar, 2021). Bu tez çalışması ise ultrases teknolojisinin meyve sularında kullanımını kapsamaktadır.

## 2.6. Ultrases Teknolojisi ve Kuramsal Temelleri

### 2.6.1. Ultrases tanımı ve etki mekanizması

İnsanların duyabildiği frekans aralığının (20 Hz – 20 kHz) üzerindeki frekanslar ultrasonik ses dalgaları olarak adlandırılmaktadır (Wu vd, 2012). Ses dalgalarının frekans aralıklarına göre spektrumları Şekil 2.3.'te verilmiştir.



**Şekil 2.3.** Ses dalgalarının frekans aralıklarına göre dalga spektrumlarının gösterimi (Ojha vd., 2017).

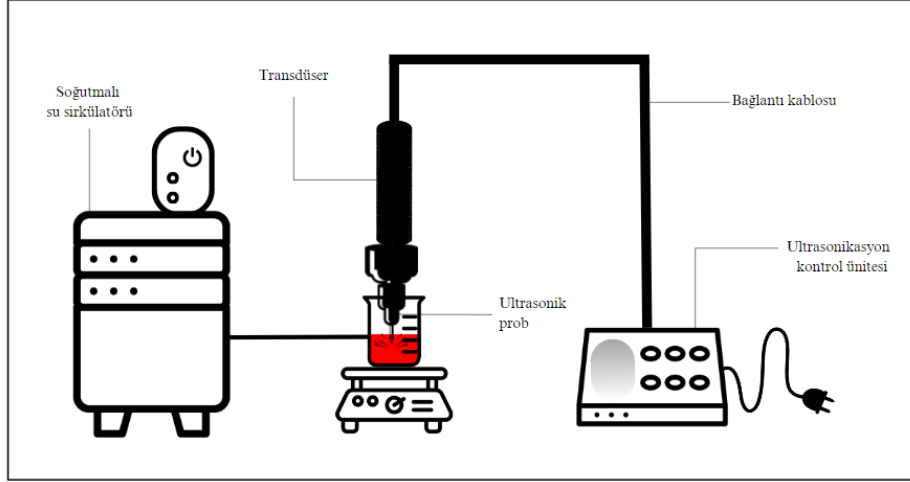
Ultrases teknolojisi, farklı alanlarda gerek fiziksel gerek kimyasal değişimler ve iyileştirmeler için kullanılabilen yenilikçi teknolojilerden birisidir (Gallo vd., 2018). Kullanılan frekans ve güç yoğunluğuna bağlı olarak düşük yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrases, düşük güç ve yüksek frekanslarda ( $>1$  MHz) ve yüksek yoğunluklu ultrases ise yüksek güç ve düşük frekanslarda (20 – 100 kHz) uygulanmaktadır (Tiwari ve Mason, 2012). Gıda bilimi ve teknolojisindeki uygulama alanları arasında ekstraksiyon, dondurma, kurutma, emülsiyon oluşturma, boyut küçültme, homojenizasyon, enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon yer almaktadır (Barbosa-Cánovas vd., 2021). Gıda kalitesi ve güvenliğinin korunması ve artırılması amacıyla sıklıkla çalışılan bir teknoloji olup (Bevilacqua vd., 2019), termal olmayan bir işlem olması sebebiyle gıda ürünlerinin yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkilenmeden işlenmesini sağlayarak geleneksel termal işlemlere bir alternatif oluşturmaktadır (Picart-Palmade vd., 2019). Ultrases teknolojisi ayrıca daha sürdürülebilir ve çevre dostu olması, çok yönlü uygulanabilirliği, daha yüksek verimlilik sağlaması gibi avantajları sayesinde gıda endüstrisinde gün geçtikçe yaygınlaşan bir kullanım alanı sunmaktadır (Fernandes ve Rodrigues, 2023).

Ultrases sisteminin prensibindeki temel unsur, ses dalgalarının yarattığı kavitasyon etkisidir (Kentish ve Feng, 2014). Sonikasyon sırasında sıvı ortam içerisinde ilerleyen ses dalgalarının mikroskobik baloncuklar oluşturmaları, bu baloncukların bölgesel olarak oluşan anlık basınç farklılıkları ile gelişmesi ve çökmesiyle birlikte fiziksel ve kimyasal etkiler ortaya çıkmaktadır. Mekanik enerjinin etkisiyle oluşan mikro kabarcıkların sıvı içerisindeki hızlı hareketi dolayısıyla mekanik enerji kinetik enerjiye dönüşmekte ve yüksek basınç döngüsünde şiddetli bir şekilde patlamaktadır. Bu patlama prosesinin sıvı içinde yarattığı enerji birikimi, doku ve hücreleri etkileyerek çeşitli amaçlara uygun modifikasyon sağlamaktadır (Wu vd., 2012).

### **2.6.2. Ultrases ekipmanı ve etkili faktörler**

Ultrasonik homojenizatör sisteminin genel yapısı ve çalışma prensibi Şekil 2.4.'te şematize edilmiştir. Sistem; bir kontrol ünitesi, bağlantı aksamı, transdüser, ultrasonik prob ve bu cihaza entegre bir soğutmalı su sirkülatöründen oluşmaktadır. Ultrasonikasyon kontrol ünitesi; genlik, süre, güç, darbeli veya sürekli mod ve sıcaklık parametrelerinin ayarlanmasına olanak tanımaktadır. Cihaz elektrik ile çalıştırılmakta ve bağlantı kablosu sayesinde elektrik enerjisi transdüsera aktarılmaktadır. Transdüser, bir diğer adıyla dönüştürücü, elektrik enerjisini önce mekanik enerjiye

dönüştürerek yaydığı ses dalgaları ile akustik enerjiyi oluşturmaktadır. Bu akustik enerji transdüserle bağlı uygun bir ultrasonik prob ile sıvı ortama gönderilerek ultrasonikasyon işlemi belirlenen süreler içerisinde tamamlanmaktadır. Çift cidarlı bir beher içerisindeki örneklerin sıcaklığının yükselmesini minimize etmek için beher bir su sirkülatörüne bağlanarak cidarlarından soğuk su dolaşımı sağlanmaktadır.



**Şekil 2.4.** Ultrases sisteminin genel yapısı.

Ultrases sisteminde yer alan parametreler, her gıda ürününe ve her amaca özgü olacak şekilde optimize edilmelidir. Bu parametreler genel olarak, ses dalgasının genlik seviyesi, işlem süresi, prob çabı, cihazın gücü ve ses dalgasının frekansdır (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2011). Uygun koşulların belirlenmesi ile, elde edilmek istenen yanıtlar maksimize edilebilmektedir. Ayrıca ultrases işleminde kullanılan örneğin kantitatif özellikleri, kullanılan probun çabı, işlem süresi ve sıcaklık gibi kriterlere göre ile aşağıda verilen denklemler üzerinden cihazdan örneğe aktarılan ultrases gücü, ultrases yoğunluğunun ve akustik enerji yoğunluğunun hesaplaması yapılabilmektedir (Tiwari ve Mason, 2012):

$$\text{Ultrases gücü (W)} = m * c_p * \frac{dT}{dt} \quad (2.1)$$

$$\text{Ultrases yoğunluğu (W/cm}^2\text{)} = \frac{\Delta P}{\pi D^2} \quad (2.2)$$

$$\text{Akustik enerji yoğunluğu (W/ml)} = \frac{W}{V} \quad (2.3)$$

Yukarıdaki denklemlerde m: kütle, P: ultrases gücü,  $c_p$ : özgül ısı,  $dT/dt$ : birim zamanda ultrases sırasında değişen sıcaklık değeri, D: ultrases prob çabı ve V: örnek hacmi olarak ifade edilmektedir.

### 2.6.3. Uygulama alanları

Ultrases teknolojisine gıda endüstrisinde en çok mikrobiyal inaktivasyon, sterilizasyon, ekstraksiyon, homojenizasyon, protein modifikasyonu ve emülsiyon geliştirme gibi amaçlarla başvurulmaktadır (Dolatowski vd., 2007). Kavitasyon etkisi, sıvı ortam içindeki mikroorganizmaları parçalayarak etkisiz hale getirebilmekte ve koruyuculara ihtiyaç duymadan gıda güvenliğinin sağlanması ve raf ömrünün artırılması sağlanabilmektedir. Ayrıca ultrases, hücre duvarının parçalanması ile antioksidanlar, antosiyaninler gibi biyoaktif bileşenlerin hücre dışına çıkararak ekstrakte edilmesini de kolaylaştırabilmektedir (Ojha vd., 2017). Bunun yanı sıra, proteinlerin tersiyer yapılarını açarak çözünürlük, emülsiyon aktivitesi, jelleşme, köpük oluşturma gibi fizikokimyasal özelliklerinin modifiye edilmesi ve geliştirmesi konusunda da sıkça tercih edilen bir yöntemdir (Rahman ve Lamsal, 2021). Ultrases özellikle sıvı ortamlarda yüksek verimli bir proses imkanı sağladığından gıda biliminde de meyve suları gibi işlenmiş sıvı ürünlerin analizi ve işlenmesi için elverişli bir teknolojidir (Gallo vd., 2018). Bu çalışma kapsamında, model olarak vişne suyu tercih edilmiş olup, ultrases yönteminin konsantreden üretilen vişne suyu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Vişne suyu içeriğinde bulunan yüksek biyoaktif bileşikler işlenme sırasında degradasyona uğrayabilmekte ve bu durum kalite özellikleri açısından risk oluşturabilmektedir. Özellikle ısının etkisiyle daha kolay bozunabilen bu bileşikler, termal olmayan ultrases yöntemi ile, maksimum düzeyde korunabilecek koşullar altında işlenmesini sağlamaktadır (Türken ve Erge, 2017; Alifakı ve Gök, 2024). Literatürde, meyve sularında ultrases teknolojisi kullanılarak yapılan çalışmalar; incelenen parametreler, işlem koşulları ve elde edilen sonuçlar ile birlikte Tablo 2.2’de derlenmiştir. Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, ultrases teknolojisinin meyve sularında pH, °Brix, antioksidan aktivitesi, toplam biyoaktif bileşik gibi kalite parametrelerinin analizinde, mikrobiyal ve enzim inaktivasyonda sıkça kullanılan bir yöntem olduğu görülmektedir. Dut suyu ve portakal suyunda yapılan iki farklı çalışmada (Engmann vd, 2015; Tiwari vd., 2008) antosiyanin içeriği, fenolik bileşik içeriği, antioksidan aktivitesi, pH, °Brix gibi kalite parametreleri değerlendirilmiş, kalite özelliklerinin maksimize olduğu optimum ultrases koşulları (güç, genlik, işlem süresi) belirlenmiştir. Ayrıca, Hoque vd. (2024), Masouleh vd. (2022), Ferrario vd. (2015), çeşitli meyve sularında mikrobiyal intaktivasyon çalışmaları yapmış, optimizasyon sonucu mikrobiyal yükün azaldığını kaydetmişlerdir.

**Tablo 2.2.** Meyve suları üzerinde yapılan bazı ultrases uygulamaları.

| Ürün                               | US Ekipmanı                                             | İncelenen Parametreler                                                 | US Koşulları                                                                                 | Sonuç                                                                                                                                                                                                                                   | Kaynak                  |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Taze sıkılmış portakal suyu</b> | Ultrasonik prob<br>(Prob çapı: 19 mm)                   | pH, °Brix, TA, esmerleşme indeksi, renk değerleri (L*,a*,b*)           | Ultrases yoğunluğu: 8,61-22,79 W/cm <sup>2</sup><br>İşlem Süresi: 2-10 dk<br>Frekans: 20 kHz | pH, °Brix, ve TA değerlerinde işleme bağlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Esmerleşme indeksi ve L*, a*, b* değerlerinde reaksiyon hızı sabitleri ultrases yoğunluğuna bağlı olarak lineer değişim göstermiştir (R <sup>2</sup> > 0,90). | (Tiwari vd., 2008b)     |
| <b>Nar suyu</b>                    | Ultrasonik prob<br>(Prob çapı: 19 mm)                   | Antosiyanin ve toplam fenolik bileşik içeriği, antioksidan kapasitesi  | Genlik: %50-100<br>İşlem Süresi: 0-9 dk<br>Frekans: 20 kHz                                   | Bazı koşullarda antosiyanin içeriği %7,32'ye kadar artış gösterirken, %100 genlik ve 9 dk işlemde toplam fenolik bileşik miktarında %42,52'ye kadar artış görülmüştür.                                                                  | (Alighourchi vd., 2013) |
| <b>Dut suyu</b>                    | Ultrasonik prob<br>(Prob boyutu: 35,3 x 28,2 x 10,4 cm) | Toplam antosiyanin içeriği, renk, mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon | Frekans: 22-26 kHz<br>İşlem Süresi: 10-30 dk<br>Güç: 60 W<br>Pulse periyodu: 10 s            | Tüm parametreler göz önünde bulundurularak optimum koşullar 24 kHz frekans ve 30 dakika işlem süresi olarak belirlenmiştir.                                                                                                             | (Engmann vd., 2015b)    |

**Tablo 2.2. (Devamı)** Meyve suları üzerinde yapılan bazı ultrases uygulamaları.

| Ürün        | US Türü                               | İncelenen Parametreler                                                                               | US Koşulları                                                                            | Sonuç                                                                                                                                                                                                                                                         | Kaynak                |
|-------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Elma suyu   | Ultrasonik prob<br>(Prob çapı: 13 mm) | Mikrobiyal azalma                                                                                    | Ultrases gücü: 600 W<br>İşlem Süresi: 10-30 dk<br>Genlik: %80<br>Sıcaklık: 30-44 ± 1 °C | <i>A. acidoterrestris</i> için ticari elma suyunda 3, doğal elma suyunda 2 log azalma görülürken; <i>S. aureus</i> için ticari elma suyunda 6,4, doğal elma suyunda 5,8 log azalma görülmüştür. Maksimum düzeyde azalma en yüksek sıcaklıkta gözlemlenmiştir. | (Ferrario vd., 2015b) |
| Üzüm suyu   | Ultrasonik prob                       | Biyoaktif bileşenler, mikrobiyal aktivite                                                            | Ultrases gücü: 10-200 W<br>İşlem Süresi: 2-10 dk<br>Sıcaklık: 0-60°C                    | Mikrobiyal yükün en az, fenolik bileşiklerin ise en fazla olduğu optimize koşullar 144,34 W, 2 dk ve 60°C olarak belirlenmiştir.                                                                                                                              | (Masouleh vd., 2022)  |
| Guava suyu  | Ultrasonik banyo                      | pH, °Brix, TA, enzimatik olmayan esmerleşme, toplam fenolik bileşik içeriği, mikrobiyal inaktivasyon | Frekans: 40 kHz<br>Güç: 200 W<br>İşlem Süresi: 2-10 dk                                  | 6 dakikalık ultrases işleminin °Brix değerini önemli azalttığı, 10 dakikalık işlemin ise mikrobiyal yükü en aza indirdiği kaydedilmiştir.                                                                                                                     | (Kalsi vd., 2023)     |
| Ananas suyu | Ultrasonik prob                       | Fizikokimyasal özellikler, antioksidan aktivitesi, mikrobiyal inaktivasyon                           | Güç: 100-140 W<br>İşlem Süresi: 5-15 dk<br>Frekans: 20 kHz                              | Ultrases işleminin biyoaktif bileşik ve antioksidan aktivitesini arttırdığı, işlem süresi arttıkça mikrobiyal yükü azalttığı bildirilmiştir.                                                                                                                  | (Hoque vd., 2024b)    |

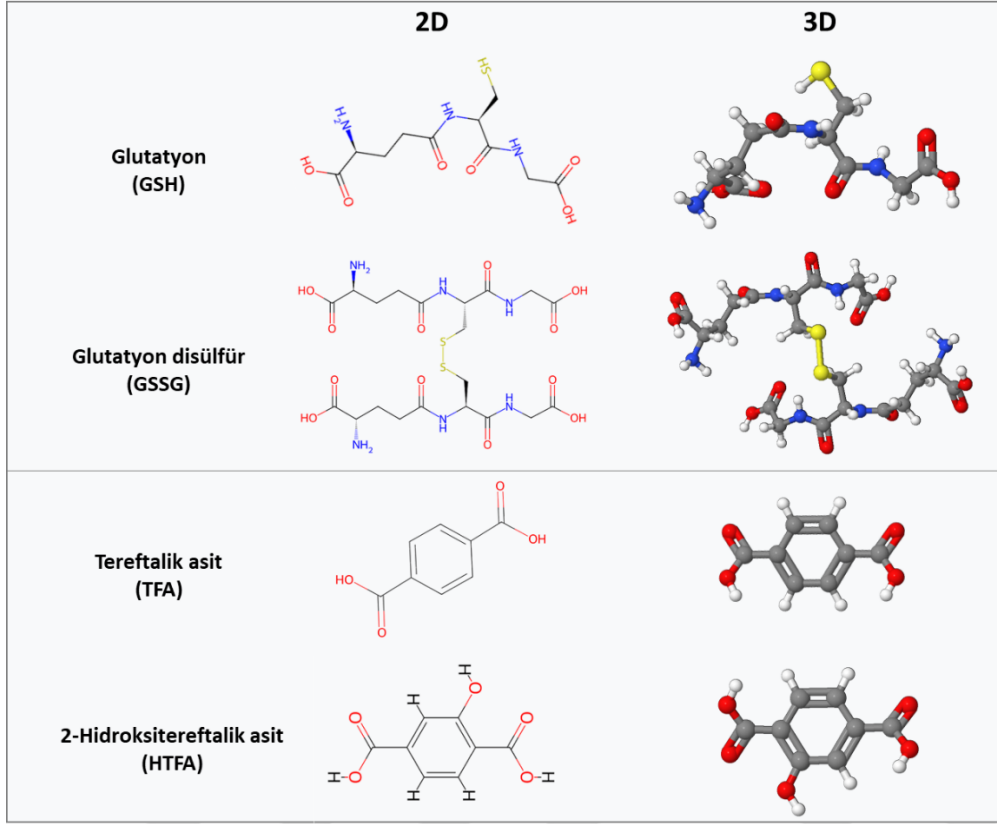
## 2.7. Ultrases Kaynaklı Serbest Radikal Oluşumu ve Belirleme Yöntemleri

Ultrases dalgaları su, meyve suyu gibi sıvı ortamlara gönderildiğinde, sıcaklık artışının ve bölgesel oluşan anlık basınç farklılıklarının etkisi ile meydana gelen kavitasyonun  $H\bullet$ ,  $OH\bullet$  veya hidrojen peroksit gibi serbest radikallerin açığa çıkmasına yol açabildiği gözlemlenmiştir (Riesz vd., 2009). Sonikasyon sırasında serbest radikal oluşumu, ürün kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratma olasılığı nedeniyle önemli bir endişe kaynağıdır (Zhang vd., 2015). Daha önce yapılan bazı çalışmalar biyoaktif bileşiklerin oksidasyonunu değerlendirmek için işleme sırasında serbest radikal oluşumunun izlenmesinin önemini göstermektedir (Barba vd., 2020; Režek Jambrak vd., 2021).

Oluşan serbest radikaller kısa ömürlü olduğundan birçoğunun doğrudan tespiti mümkün değildir.  $H\bullet$  ve  $OH\bullet$  gibi eşleşmemiş elektronlara sahip iyonik formların dedekte edilebilmesi için genellikle elektron paramanyetik rezonans (EPR) spektroskopisine başvurulmaktadır (Zhang vd., 2015). EPR veya Elektron Spin Rezonansı (ESR), çözelti içindeki serbest radikal oluşumunu ölçmek için kullanılan analitik bir araçtır (Zhang vd., 2015). EPR, yüksek hassasiyeti sebebiyle referans bir teknik olarak kabul edilmekle birlikte maliyeti nedeniyle araştırmacılar alternatif ve dolaylı yöntemler aramaktadır (Fang vd., 1996; Hu vd., 2008). Bu alternatif yöntemler, daha az hassas olmalarına rağmen, basitlik ve maliyet etkinliği sunarak pratik seçenekler haline gelmektedir.

Ultrases prosesiyle oluşan kısa ömürlü fakat yüksek reaktiviteye sahip radikallerin ölçümlenebilmesi için radikallerin ölçülebilir türlere dönüştürülmesi gereklidir. Bu çalışma kapsamında da glutatyon (GSH) ve tereftalik asit (TFA) indikatörleri kullanarak ultrases işlemi sırasında serbest radikallerin tahmin edilmesi ve geliştirilen yöntemin alternatif olarak sunulması amaçlanmıştır. TFA'nın kendisi floresan özellik göstermiyor olsa da serbest radikallerle oksidasyonu floresan özellik gösteren ve konvansiyonel florimetreler kullanılarak kolaylıkla ölçülebilen 2-hidroksitereftalik aside (HTFA) dönüşümüne yol açmaktadır (Saran ve Summer, 1999). Bu nedenle, serbest radikal oluşumunun tespiti için bu floresans özellikten bir indikatör olarak faydalanılabilir. GSH ise üç peptid zincirinden oluşan bir antioksidan olup serbest radikal varlığında okside olarak okside formu olan (GSSG) (glutatyon disülfür) formunu oluşturmaktadır. Bu çerçevede, GSH de serbest radikalleri kararlı bir forma dönüştürdüğü için serbest radikal oluşumunun incelenmesi için potansiyel bir aday

indikatördür. Bahsi geçem GSH, GSSG, TFA ve HTFA bileşiklerinin kimyasal yapıların iki (2D) ve üç (3D) boyutlu olarak Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 2.5.** Glutasyon (GSH), okside glutasyon (GSSG), tereftalik asit (TFA) ve okside tereftalik asidin kimyasal formüllerinin iki (2D) ve üç (3D) boyutlu gösterimi (ChemSpider, 2024).

## 2.8. Kalite Değerlendirmede Görüntü İşleme Teknolojisinin Kullanımı

Görüntü işleme teknolojisi, gıda biliminde kalite kontrol parametrelerinin analizinden, bileşen tespitine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır ve bu alandaki uygulamalar ile ürün verimliliğini artırmanın yanı sıra gıda güvenliğini de sağlanmaktadır. Genellikle belirleme, sınıflandırma, renk analizi, şekil analizi, mikrobiyal üreme tespiti, bileşen analizi gibi amaçlarla kullanılan görüntü işleme teknolojisi; farklı görüntüleme teknikleriyle gün geçtikçe uygulama alanlarını genişletmeye ve çeşitlendirmeye devam etmektedir (Hayıt vd., 2018).

Renk, gıda ürünlerinin olgunluk, tazelik ve kalite göstergelerinden birisidir. Görüntü işleme algoritmaları, RGB (Red-Green-Blue) ve HSI (Hue-Saturation-Intensity) gibi renk modellerini kullanarak ürünün renk değerlerinin belirlenmesini ve olgunluk seviyeleri ya da kalite özelliklerinin değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Zhou vd., 2012; Sardar, 2014). Olası renk sapmalarının tespit edilmesi, ürünün kalitesinin

olumsuz etkilendiğinin bir göstergesi olabileceğinden analiz edilen renk değerleri üzerinden saptama yapılabilmektedir. Örneğin vişne suyunda antosiyanin içeriğinin azalması ürünün renginde değişimler (kırmızılık oranının azalması gibi) yaratacağından renk analizi ile tahminleme yapabilmek mümkündür (Su ve Sun, 2018). Bunun yanı sıra özellikle meyve ve sebzelerde morfolojik işlemler için sıklıkla kullanılan bir analiz yöntemidir. Kenar tespiti, sap uzunluğu, boyut analizi gibi metotlar için geliştirilen algoritmalar sayesinde, ürünlerin şekilsel bozuklukları tespit edilebilmekte ve boyutlarına göre sınıflandırılabilir (Hayıt vd., 2018). Yabancı maddelerin tespiti, gıda güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Görüntü işleme teknikleri, özellikle X-ışını ve hiperspektral görüntüleme gibi teknolojilerle entegre edilerek, gıda ürünlerindeki metal, taş, cam ve plastik gibi yabancı maddeleri tespit edebilmektedir. Bu teknikler, yüksek doğruluk oranlarıyla yabancı madde tespiti yapmakta ve ürün güvenliğini sağlamaktadır (Ginesu vd., 2004). Bir diğer metot olarak öne çıkan termal görüntüleme, gıda ürünlerinin ısı işlemleri sırasında kullanılmaktadır. Pişirme veya pastörizasyon gibi süreçlerde, termal kameralar ısı dağılımını izleyerek, homojen ısı dağılımını ve istenilen sıcaklık seviyelerine ulaşıp ulaşılmadığını kontrol etmektedir (Vadivambal ve Jayas, 2011). Görüntü işleme tekniklerinde en verimli ve spesifik çalışma alanı sağlayan yöntemlerden bir diğeri de hiperspektral ve multispektral görüntülemedir (Liu vd., 2014). Hiperspektral görüntüleme, geniş bir spektrum aralığında (400-2500 nm) veri toplayarak, gıdaların kimyasal bileşenlerini analiz etmektedir. Bu teknoloji, gıdaların su içeriği, şeker düzeyi, pigment konsantrasyonu ve olgunluk durumu hakkında detaylı bilgi sağlayabilmektedir. Multispektral görüntüleme ise belirli dalga boylarında veri toplamakta ve bu veriler, gıda ürünlerinin kalite kontrolünde kullanılmaktadır (Tsakanikas vd., 2015).

Gıda endüstrisinde çeşitli sektörlerde farklı amaçlarla yer bulan görüntü işleme teknolojisinin meyve suyu endüstrisinde meyve suları üzerinde kullanımı sınırlı olsa da gelecekte araştırma alanının genişlemesi konusunda umut vadetmektedir. Literatürde meyve sularında görüntü işleme teknolojisi kullanılarak yapılan kalite değerlendirme çalışmaları Tablo 2.3.'te derlenmiştir.

**Tablo 2.3.** Görüntü işleme teknolojisi kullanılarak meyve suyunda yapılan kalite analizi çalışmaları.

| Ürün                                                                      | Kullanılan cihazlar ve görüntü özellikleri                                                         | İncelenen Parametreler                                    | Kullanılan Modeller                                | Sonuç                                                                                                                                                                                                   | Kaynak                           |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Portakal suyu</b>                                                      | Dijital CCD kamera<br>Siyah, gri ve beyaz olmak üzere üç farklı arka planda elde edilen görüntüler | L*, C*a*b* ve ha*b* renk ölçüm sistemlerinde renk analizi | DigiEye®<br>Görüntüleme Sistemi, DigiFood Yazılımı | Determinasyon katsayıları: siyah arka plan için L*:0,53, C*a*b*: 0,61, ha*b*: 0,99; gri arka plan için L*:0,88, C*a*b*: 0,55, ha*b*: 0,99; beyaz arka plan için ise L*:0,98, C*a*b*: 0,56, ha*b* :0,99. | (Fernández-Vázquez vd., 2014)    |
| <b>Beyaz şarap, sirke, gül şarabı, hindistan cevizi suyu ve kaju suyu</b> | Dijital CCD kamera<br>32x26 piksel görüntüler                                                      | R, G, B değerlerinin belirlenmesi ve sülfid tayini        | ImageJ Yazılımı                                    | Sülfid tayininde belirlenen bağıl hata: Beyaz şarap, sirke, hindistan cevizi suyu, gül şarabı, kaju suyu 1 ve kaju suyu 2 sırasıyla %-4,5, 6,2, 2,3, 3,9, -2,6, -1,3 olarak kaydedilmiştir.             | (Dos Santos Benedetti vd., 2015) |

L\*: Aydınlik/beyazlık renk değeri, a\*: Kırmızı veya yeşil renk değeri, b\*: Sarı ya da mavi renk değeri, C\*: kroma /renk canlılık derecesi, h: Hue/renk parlaklık derecesi, CCD: Yük bağlaşımlı cihaz, R: Kırmızı renk değeri, G: Yeşil renk değeri, B: Mavi renk değeri.

**Tablo 2.3. (Devamı)** Görüntü işleme teknolojisi kullanılarak meyve suyunda yapılan kalite analizi çalışmaları.

| Ürün                       | Kullanılan cihazlar ve görüntü özellikleri                             | İncelenen Parametreler                                                             | Kullanılan Modeller         | Sonuç                                                                                                                                                                                                              | Kaynak                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Üzüm suyu                  | Tarayıcı<br>15x15 piksel ve 200 dpi çözünürlüğe sahip JPEG görüntüleri | Biyoaktif bileşenlerin (toplam fenolik bileşik, antosiyanin ve tanin) belirlenmesi | MATLAB® Yazılımı            | Determinasyon katsayıları toplam fenol, antosiyanin ve tanin içeriği için sırasıyla 0,99, 0,97 ve 0,98 olarak hesaplanmıştır.                                                                                      | (Beltrame vd., 2021b) |
| Portakal ve mandalina suyu | Web kamerası<br>24 bit dijital renk görüntüleri                        | Renk tespiti, R, G, B değerlerinin analizi                                         | RGBview® Yazılımı, MS Excel | R değerinin doğrusal uyumu, G değerinin üstel uyumu ve farklı °Brix derecelerine göre R ve G'nin çok değişkenli uyumu olarak tanımlanan R <sup>2</sup> değerleri sırasıyla 0,97, 0,99, 0,98 olarak belirlenmiştir. | (Ortiz vd., 2023b)    |

R: Kırmızı renk değeri, G: Yeşil renk değeri, B: Mavi renk değeri, R<sup>2</sup>: Determinasyon katsayısı.

Özellikle sınıflandırma ve renk tespiti için kullanılan görüntü işleme teknolojisi, meyve sularında yüksek doğruluk oranı ile analiz yapılmasını mümkün kılmıştır. Beltrame vd. (2021) tarafından üzüm suyunda yapılan bir çalışmada, biyoaktif bileşenlerin (toplam fenolik, antosiyanin ve tanin) 0,97 ila 0,99 arasında değişen yüksek bir doğruluk oranıyla tespiti sağlanmıştır. Portakal ve mandalina suyu üzerinde yapılan bir diğer çalışmada ise (Ortiz vd, 2023a), renk değerleri ölçümlenmiş ve aynı şekilde yüksek bir determinasyon katsayısı ile (0,97-0,99) değerlerin analizi gerçekleştirilmiştir. Portakal suyunda yapılan bir diğer renk analizi için siyah, gri ve beyaz olmak üzere üç farklı arka plan kullanılarak örneklerin renkleri L\*, C\*, a\*, b\* ve h, a\*, b\* ölçüm sistemleri kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen determinasyon katsayıları aynı şekilde Tablo 2.3'te özetlenmiştir. (Fernández-Vázquez et al., 2014). Dos Santos Benedetti vd. (2015) tarafından yapılan bir araştırma beş farklı meyveli içecekte incelenerek görüntü işlemenin geniş bir yelpazede incelenmesini mümkün kılmıştır. Çalışmada, renk analizi ve sülfite tayini gerçekleştirilmiş ve sonuçların %-4,5 ila %-3,9 oranında değişen bağıl hatalarda elde edildiği kaydedilmiştir.

### **3. MATERİYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Vişne suyunun elde edilmesi**

65 °Brix değerine sahip endüstriyel nitelikte konsantre vişne suyu Döhler Gıda San. A.Ş. (Karaman, Türkiye) firmasından temin edilerek analize kadar -18°C’de depolanmıştır. Çalışma kapsamında konsantreden vişne suyu elde edilmesinin amacı endüstriyel vişne suyu üretim süreçlerine uygunluk sağlamaktır. Vişne suyu, Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği’ne (Anonim, 2014) uygun bir şekilde seyreltilerek elde edilmiştir. Bu bağlamda, analizde kullanmak üzere oda sıcaklığına getirilen konsantre vişne suyunun toplam çözünür kuru madde miktarı saf su ile 65°Briks’ten 13,5°Briks seviyesine ayarlanmıştır. °Brix değeri refraktometre (HI96801, Hanna Instruments, Washington, ABD) yardımıyla ölçülmüştür.

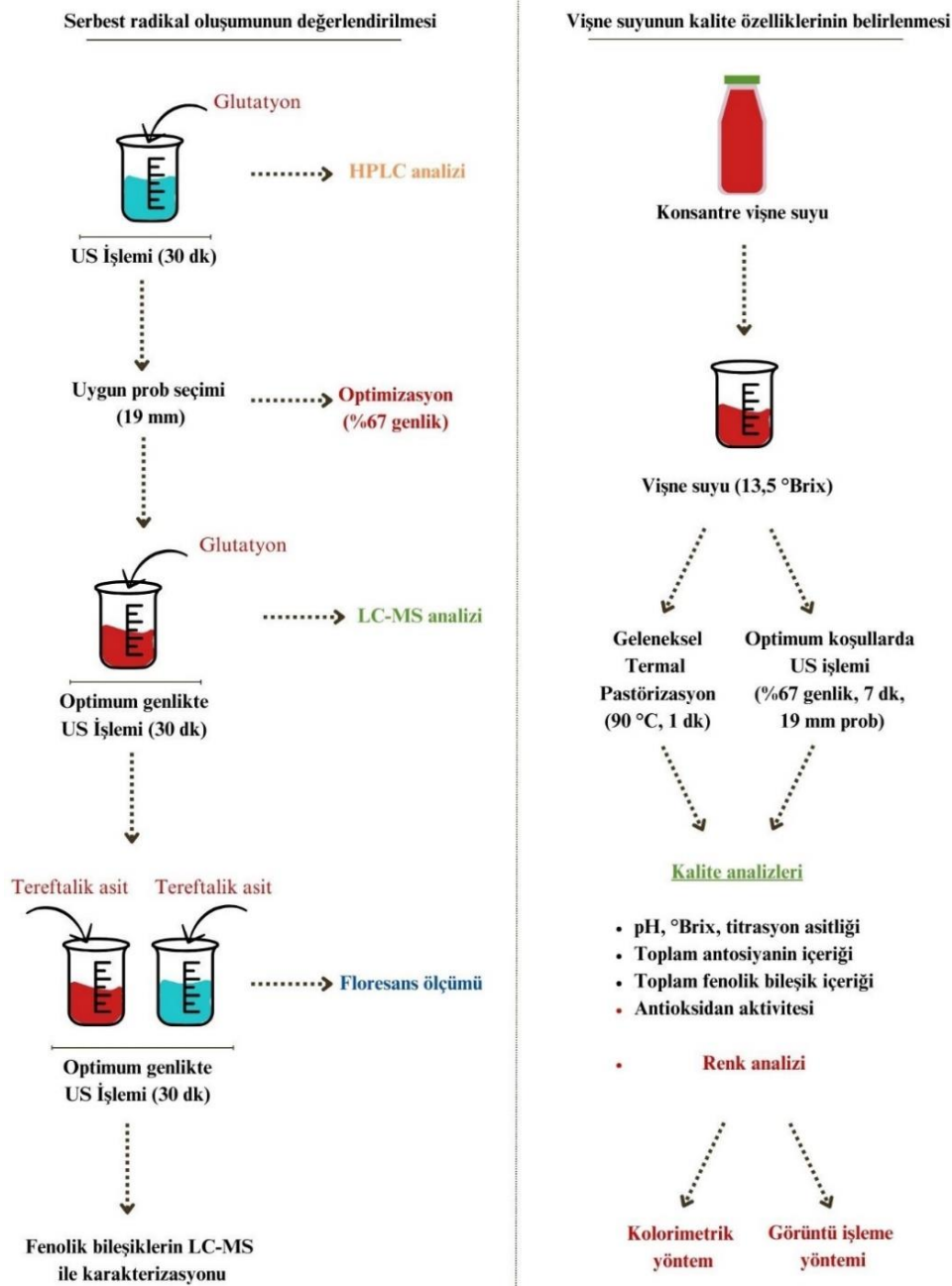
##### **3.1.2. Kullanılan kimyasallar**

Vişne suyunda oluşan serbest radikallerin tahminlenmesinde geliştirilen model kapsamında kullanılan tereftalik asit (TFA), glutatyon (GSH) ve okside glutatyon (GSSG) Sigma Aldrich (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. HPLC ile yapılan kromatografik analizler için Sigma Aldrich (Darmstadt, Almanya) firmasından elde edilen formik asit, asetonitril ve amonyum asetat kullanılmıştır.

Vişne suyunda toplam antosiyanin içeriği, toplam fenolik bileşik içeriği ve antioksidan aktivesi gibi kalite özelliklerinin analizleri için kullanmak üzere sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), gallik asit ( $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{CO}_2\text{H}$ ), potasyum klorür (KCl), sodyum asetat ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$ ), DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ve Trolox (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) Merck KGaA (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Fenolftalein ve Folin-Ciocalteu reaktifi ise Sigma Aldrich (Darmstadt, Almanya) firmasından satın alınmıştır.

### 3.2. Yöntem

Tez çalışması kapsamında ultrases (US) işleminin su ve model vişne suyunda serbest radikal oluşturma etkisinin glutatyon ve tereftalik asit kullanılarak değerlendirilmesi ve vişne suyunun ultrases ve termal pastörizasyon işlemleri ile üretimi sonrası kalite özelliklerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Çalışmada izlenen yol ve genel akış şeması Şekil 3.1.'de özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Tez çalışmasının genel iş akış şeması.

### **3.2.1. Ultrases prosesinin su ve vişne suyu ortamında serbest radikal oluşturma etkisinin incelenmesi**

#### **3.2.1.1. Su ortamında ultrases kaynaklı serbest radikal oluşumunun glutatyon indikatörü ile incelenmesi**

Ultrases işlemi, 20 kHz frekansta çalışabilen bir ultrasonik homojenizatör (Sonics, VCX750, Newtown, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Proses sırasında oluşan sıcaklık artışı çift cidarlı numune kabına 20°C sıcaklığa ayarlı bir su sirkülatörü (Scientz, DC2006, Ningbo, Çin) bağlanarak kontrol edilmiştir. Proses süresi boyunca sıcaklıktaki değişim K-tipi bir termokupl yardımıyla kaydedilmiştir. İşlem üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve ultrases probu her örnek için 1,5 cm derinliğinde daldırılmıştır.

Serbest radikal oluşumunu tahminlemek için oluşturulan deneysel tasarımda örnekler, ön denemelere göre belirlenmiş uygun konsantrasyonda (0,5 mM) glutatyon (GSH) sulu çözeltileri şeklinde hazırlanmıştır. Geliştirilmesi planlanan yöntemle serbest radikallerin tahminlenebilmesindeki temel motivasyon, suya ilave edilen GSH'nin serbest radikallerin varlığında okside formuna (GSSG) dönüşmesidir. Bu reaksiyonun kromatografik olarak gözlemlenebilmesi, ultrases işlemi sonrası serbest radikal oluşumu üzerinde değerlendirme yapmayı mümkün kılmıştır. GSH'nin oksidasyonunu incelemek üzere örnekler (100 ml); çapı 13 mm ve 19 mm olan iki farklı ultrases probu, %60 ve %80 genlik seviyelerinde 30 dakika işlem süresi ile 4 farklı ultrases işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sırasında zamana bağlı GSH'deki azalış ve dolaylı olarak GSSG'deki artışı tespit etmek üzere 1., 5., 10., 15., 20., 25., 30. dakikalarda numuneler toplanarak HPLC analizi için ayrılmıştır.

#### **3.2.1.2. Su ortamında ultrases kaynaklı glutatyon oksidasyonunun HPLC analizi ile görüntülenmesi**

Su ortamında ultrasonikasyon kaynaklı serbest radikal oluşumu GSH ve GSSG konsantrasyonundaki değişimler üzerinden değerlendirilmiştir. HPLC analizi, izokratik koşullar altında 21,9°C kolon sıcaklığında 210 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Kolona enjekte edilen örnek hacmi 10 µl olup 1 ml/dakika akış hızı ile kolondan geçirilmiştir. Elüsyon işlemi; metanol (%11,5, A), amonyum asetat tamponu (%0,01 M, %6, B) ve su (%82,5, C) içeren bir mobil faz bileşimi kullanılmıştır. Analizde ölçümlenen GSH ve GSSG miktarlarının hesaplanabilmesi amacıyla her iki bileşen için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Bu bağlamda GSH için 0,02 ila 0,15 mM ( $R^2=0.9992$ ) arasında değişen altı farklı konsantrasyonda, GSSG

için ise 0,001 ila 0,03 mM ( $R^2=0,9818$ ) arasında değişen beş farklı konsantrasyonda standart çözeltiler hazırlanmıştır. Ultrases kaynaklı oksidasyon süreci, numune içeriğindeki azalan GSH ve buna bağlı olarak artan GSSG konsantrasyonları baz alınarak değerlendirilmiştir. Konsantrasyon hesabı, kromatogram üzerinde bileşenlerin oluşturduğu piklerin alanları üzerinden yapılarak mM cinsinden kaydedilmiştir. Her bir parametre için alınan numuneler HPLC’de ortalama 7,5 dakika boyunca analiz edilmiştir.

### **3.2.1.3 Ultrases prosesinin deneysel tasarımı ve optimizasyonu**

Başlık 3.2.1.1.’de çalışılan koşullar (13 ve 19 mm prob, %60 ve %80 genlik) incelendiğinde GSH oksidasyonunun daha iyi gözlemlendiği prob çapının 19 mm olduğu görülmüş, dolayısıyla vişne suyu ortamında optimizasyon çalışmasına 19 mm çaplı ultrases probu kullanılarak devam edilmiştir. Vişne suyu örneklerine (100 ml) uygulanan ultrases prosesi, 19 mm çapında titanyum prob ve 20 kHz güç jeneratörü ile donatılmış bir ultrasonik homojenizatör (Sonics, VCX750, Newtown, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Proses koşulları yüzey yanıt metodolojisi kapsamında merkezi kompozit deneysel tasarımına dayalı olarak ve Design Expert 13 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, ABD) yazılımı kullanılarak optimize edilmiştir. Bu kapsamda, ultrases genliği (%60-100) ve işlem süresi (2-15 dk) bağımsız değişkenler; toplam monomerik antosiyanin içeriği (TMA) ve toplam fenolik madde içeriği (TFM) ise yanıt değişkeni olarak seçilmiştir (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1.** Ultrases prosesinin optimizasyonu için uygulanan deneysel tasarım.

| Run | Genlik (%) |           | İşlem Süresi (dk) |           |
|-----|------------|-----------|-------------------|-----------|
|     | Gerçek     | Kodlanmış | Gerçek            | Kodlanmış |
| R1  | 60         | -1        | 15                | 1         |
| R2  | 100        | 1         | 2                 | -1        |
| R3  | 60         | -1        | 8,5               | 0         |
| R4  | 80         | 0         | 8,5               | 0         |
| R5  | 100        | 1         | 15                | 1         |
| R6  | 80         | 0         | 15                | 0         |
| R7  | 100        | 1         | 8,5               | 0         |
| R8  | 80         | 0         | 8,5               | 0         |
| R9  | 80         | 0         | 8,5               | 0         |
| R10 | 80         | 0         | 2                 | -1        |
| R11 | 80         | 0         | 8,5               | 0         |
| R12 | 80         | 0         | 8,5               | 0         |
| R13 | 60         | -1        | 2                 | -1        |

Belirlenen bağımsız değişkenlerin alt ve üst değerlerine göre -1 ile 1 arasında kodlama yapılmıştır (Örneğin %60-80-100 genlik için sırasıyla -1, 0 ve 1 değerleri atanmıştır). Bu kodlamanın amacı, değişkenlere atanan kodların optimizasyon sonucu elde edilen istatistiksel denklemde yerine konarak istenen yanıtların hesaplamalarını yapabilmektir.

Vişne suyu örnekleri çift cidarlı numune kabına aktarılmış, Tablo 3.1’de verilen deneysel tasarım baz alınarak farklı genlik seviyeleri (%60-80-100) ve işlem sürelerinde (2-8,5-15 dakika), 19 mm çapa sahip prob ile toplam 13 adet ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Sıcaklık kontrolü için 20 °C’ye ayarlanmış bir su sirkülatörü numune kabına bağlanmış ve sonikasyon süresince sıcaklık değişimi K tipi bir termokupl ile ölçülmüştür. TMA ve TFM’nin maksimum seviyelerde korunumu sağlanan ultrases koşulları optimal koşullar olarak belirlenmiştir.

#### **3.2.1.4. Optimum genlikte vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı glutatyon oksidasyonunun incelenmesi**

Ultrases kaynaklı serbest radikal oluşumunu vişne suyu ortamında incelemek için vişne suyu örneklerine (100 ml) uygun konsantrasyonda GSH ilavesi yapılmıştır. Bu bağlamda su ortamındaki nihai konsantrasyon olan -Başlık 3.2.1.1’de de belirtilen- 0,5

mM GSH'ye ulaşabilecek şekilde vişne suyu örneklerine stok 5 mM'lık GSH ilave edilmiştir. Ultrases işlemi Başlık 3.2.1.3'te elde edilen optimum genlikte (%67) 19 mm prob kullanılarak 30 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 7 dakikalık işlem süresi optimal süre olarak belirlendiğinden, 30 dakika boyunca yapılan işlemde bu andaki oksidasyon miktarının da incelenmesi sağlanmış ve toplamda 1., 5., 7., 10., 15., 20., 25., 30. dakikalar olmak üzere 8 farklı sürede numuneler alınmıştır. Daha sonra hem işlem görmemiş hem de ultrases işlemi uygulanmış vişne suyu örnekleri floresans spektrometresiyle ölçülmüştür. Ayrıca, işlem görmemiş GSH ilaveli meyve suyu ve 30 dakika ultrases işlemi uygulanmış GSH ilaveli meyve suyu LC-QTOF-MS ile analiz edilerek GSH ve GSSG bileşenlerinin kalitatif olarak tanımlama çalışması yapılmıştır.

#### **3.2.1.5. Optimum genlikte su ve vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı oksidasyonun tereftalik asit indikatörü ile incelenmesi**

Su ve vişne suyu örnekleri için belirlenen optimize koşullarda (19 mm prob, %67 genlik) 30 dakika boyunca iki ayrı ultrases prosesi uygulanmıştır. Her örnek ön denemelerle belirlenen uygun konsantrasyonda (80 mM) TFA sulu ve vişne sulu çözeltileri olacak şekilde 100'er ml hazırlanmıştır. Floresans ölçümü için ultrases işlemi boyunca 1., 5., 7., 10., 15., 20., 25., 30. dakikalarda numune toplanarak analize hazır hale getirilmiştir. Analiz yönteminde TFA kullanımının temel motivasyonu, oksidasyon ile floresans özellik gösteriyor olmasıdır. Oksidasyon ile meydana gelebilecek floresans etki, reaksiyonun spektrometrik olarak incelenmesini mümkün kılmaktadır. Bu sebeple alınan örneklerde oksidasyon süreçlerinin değerlendirilmesi için floresans ölçümü gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.1.6. Floresans ölçümü**

Ultrases işlemi uygulanan su ve vişne suyu örnekleri emisyon tarama modunda çalıştırılan floresans spektrofotometre (F-7000, Hitachi Corporation, Tokyo, Japonya) ile analiz edilmiştir. Spektral veriler hem su hem vişne suyu ortamı için 300-650 nm dalga boyu aralığında elde edilmiştir. Ultrases uygulanmış üç farklı kombinasyondaki örnekler (su+TFA, vişne suyu+TFA ve vişne suyu+GSH) 1-30 dakika arasında değişen sürelerde toplanmış ve floresans özellik gösterip göstermediği incelenmiştir. Tarama hızı, optimum tespit koşulu olan 315 nm'lik sönme dalga boyu ile 1200 nm/dakika'ya ayarlanmıştır.

### **3.2.2. Optimum ultrases proses koşullarında vişne suyu üretimi**

Konsantreden elde edilen vişne suyu, serbest radikal oluşumunun incelenmesi ve kalite analizlerinin gerçekleştirilmesi adına optimum koşullar olan %67 genlik, 7 dakika işlem süresi ve 19 mm prob ile ultrases uygulanarak üretilmiştir. İşlemler iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve her ultrases prosesi için 100 ml vişne suyu örneği kullanılmıştır. 20°C'lik su sirkülatörü ile işleme bağlı sıcaklığın düşük düzeylerde tutulması sağlanmış ve termokupl aracılığıyla kontrol edilmiştir.

### **3.2.3. Geleneksel termal pastörizasyon ile vişne suyu üretimi**

Vişne suyu örnekleri, laboratuvar su banyosu cihazı (WF-SBC30, Weightlab Instruments, Türkiye) kullanılarak 90°C'de 1 dakika süreyle termal işleme tabi tutulmuştur. İşlem toplam iki tekerrürlü olarak sürdürülmüştür. 100 ml'lik kapaklı cam şişelere aktarılan vişne suyu örnekleri (başlangıç sıcaklıkları 20°C), sıcaklık değeri 90°C'ye ayarlı su banyosu cihazının sulu haznesine yerleştirilmiştir. Cihaz sıcaklığının 90°C'ye ulaşması yaklaşık 17 dakika sürmüştür. Cihaz istenen sıcaklığa ulaştığında haznenin kapağı kapatılmış ve 1 dakika boyunca bekletilmiştir. Daha sonra örnekler hazneden alınarak 20°C'ye geri soğutulmuştur. Vişne suyu örneklerinin sıcaklık kontrolü bir termokupl aracılığıyla eş zamanlı olarak kaydedilmiştir.

### **3.2.4. LC-QTOF/ESI-MS ile fenolik bileşiklerin belirlenmesi**

Vişne suyunda bulunan polifenolik bileşikler Shimadzu LC-40 (Japonya) cihazı kullanılarak elektrosprey iyonizasyon-dört kutuplu uçuş-kütle spektrometrisi (LC-QTOF/ESI-MS) ile birleştirilmiş sıvı kromatografisi yöntemi kullanılarak kalitatif olarak tanımlanmıştır. Analiz için kullanılan bu sistem bir LC-40X3 pompa, CTO-40C kolon fırını, SIL-40Cx3 otomatik örnekleyici, DGU-405 gaz giderici ve Shimadzu 9030 kütle dedektörü bileşenlerinden oluşmaktadır. Sengel ve ark. (2018) tarafından geliştirilmiş yöntem, vişne suyu örneklerinde bulunan bileşiklerin kromatografik olarak maksimum ayrılma düzeyine ulaşabilecek şekilde uygulanmıştır. Analiz için bir C18 kolonu (3,0 x 150 mm, 3,2 µm; Waters Corporation, Milford, ABD) kullanılmıştır. Mobil faz olarak asetonitril (A) ve %0,1 formik asit (B) solventleri gradyan sistem ile kolona aktarılmıştır. Gradyan %90 formik asitle başlatılıp 10 dakika içinde lineer olarak %70'e düşürülmüştür. Daha sonra A solventinin yüzde bileşimi; 10. dakikada %60, 15. dakikada %50, 18. dakikada %40, 20. dakikada %30 ve 25. dakikada %10 ve 30. dakikada tekrardan %90 olacak biçimde ayarlanmıştır. Bu

koşullara bağlı olarak B solventinin süreye göre kolona aktarılan miktarı A solventiyle birlikte %100'e tamamlanacak biçimde kolonda sirküle edilmiştir. Kolon sıcaklığı 25°C'de sabitlenmiştir ve Q-TOF'un kütle aralığı 10-1500 Dalton olarak ayarlanmıştır. Hem negatif hem de pozitif iyon modlarında iyonizasyon sağlayabilmek için bir ESI iyon kaynağı kullanılmıştır. Analiz sonrası elde edilen verilerin görüntülenmesi ve işlenmesi Shimadzu Labsolution yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.5. Vişne suyunda kalite analizleri

#### 3.2.5.1. pH, toplam çözünür katı madde ve titrasyon asitliği

Vişne suyu numunelerinin pH'sı, bir pH metre (Ohaus AB33PH-F Aquasearcher, OHAUS Europe GmbH, İsviçre) kullanılarak 20°C'de elektrometrik olarak ölçülmüştür. Toplam çözünür katı içeriği, analizden önce havaya ve saf suya karşı kalibre edilmiş bir refraktometre (Hanna HI 96801, Hanna Instruments, ABD) aracılığıyla °Brix cinsinden belirlenmiştir. Titrasyon asitliği analizi için numuneler öncelikle 1:20 oranında seyreltilmiştir. İndikatör olarak iki damla %1 fenolftalein çözeltisi kullanılmıştır, ardından standart 0,1 N NaOH ile pH 8,1'e ulaşana kadar titrasyon yapılmıştır. Daha sonra titrasyon asitliği değeri g malik asit/100 ml cinsinden hesaplanmıştır.

#### 3.2.5.2. Toplam antosiyanin içeriği

Örneklerin toplam antosiyanin içeriği pH diferansiyel yöntemi (Fuleki ve Francis, 1968) ile spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Potasyum klorür pH 1'de tampon 1 (0,025 M), sodyum asetat pH 4,5'te tampon 2 (0,4 M) olacak şekilde hazırlanmıştır. Her iki tampon çözelti için cam tüplere 0,5 ml örnek 4,5 ml tampon olacak şekilde karışım hazırlanmıştır. Daha sonra karışım vortekslenmiş ve spektrofotometrede (UV-1280, Shimadzu, Kyoto, Japonya) 510 ve 700 nm olmak üzere iki farklı dalga boyundaki absorbans değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen absorbans değerlerinden toplam antosiyanin içeriği aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$TAC = \frac{[(A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}] * (MW * df * 1000)}{\epsilon * L} \quad (3.1)$$

Denklemde A iki farklı pH değerinde 510 ve nm'de okunan absorbansı, MW siyanidin-3-glukozitin moleküler ağırlığı (449,4 g/mol), df seyreltme faktörünü, L cm cinsinden

uzunluğu ve  $\epsilon$  siyanidin-3-glukozit için molar yok olma katsayısını (26900 L/mol.cm) ifade etmektedir.

### 3.2.5.3. Toplam fenolik bileşik içeriği

Vişne suyu örneklerinde toplam fenolik bileşik miktarı Singleton ve ark. (1965) tarafından geliştirilen Folin-Ciocalteu yöntemi esas alınarak analiz edilmiştir. Örneklerle ilk olarak 1:20 oranında MeOH:H<sub>2</sub>O (3:2) çözeltisi ile seyreltme işlemi uygulanmıştır. Daha sonra 300 µl seyreltilmiş meyve suyu, 1,5 ml Folin çözeltisi (10 kez seyreltilmiş) ile birleştirilmiş ve 3-5 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Ardından 1,2 ml sodyum karbonat çözeltisi (75 g/l) ilave edilen test tüpleri sabit hızlı vorteks karıştırıcı (Ohaus Europe GmbH, İsviçre) ile homojenize edilerek 90 dakika karanlıkta bir ortamda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi dolduğunda absorbans değerleri spektrofotometre (UV-1280, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) aracılığıyla 760 nm dalga boyunda okunmuştur. Kalibrasyon standartlarını oluşturmak için, 1000 ppm'lik bir stok çözeltiden, MeOH:H<sub>2</sub>O (3:2) ile seyreltilerek 20 ila 150 ppm'lik doğrusal bir konsantrasyon aralığında yedi farklı gallik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiler de yukarıda belirtilen prosedüre tabi tutularak analiz edilmiştir. Sonuçta örneklerin TFM konsantrasyonları 100 ml başına miligram gallik asit eşdeğerleri (GAE) cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.2.5.4. Antioksidan aktivitesi (DPPH)

Antioksidan aktivitesi tayini DPPH metodu ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, DPPH çözeltisinin en güçsüz antioksidanlarla dahi reaksiyona girebilmesi ve hızlı bir analiz imkânı sunması gibi avantajlarıyla sıkça tercih edilen bir yöntemdir (Amorati ve Valgimigli, 2015). Bu kapsamda öncelikle hazır temin edilen DPPH stok çözeltisi, absorbansı 1,1 olacak şekilde metanol ile seyreltilerek analize uygun hale getirilmiştir. Daha sonra MeOH:H<sub>2</sub>O (3:2) çözeltisi ile 1:20 oranında seyreltilen vişne suyu örneklerinden 150 µl alınarak cam tüplere aktarılmış ve üzerine 2850 µl seyreltik DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Karanlıkta 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometre cihazında (UV-1280, Shimadzu, Kyoto, Japonya) 515 nm dalga boyundaki absorbans değeri okunmuştur. Kalibrasyon işlemi için Trolox (2 mM) çözeltisinden 200mM ile 800 mM arasında değişen konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmış ve esas örnekler ile aynı prosedüre tabi tutulmuştur. Örneklerin antioksidan kapasiteleri %inhibisyon olarak aşağıdaki denklem üzerinden

hesaplanmış, daha sonra elde edilen kalibrasyon eğrisi üzerinden mM cinsinden elde edilmiştir:

$$\%inhibisyon = \frac{A_{DPPH} - A_{numune}}{A_{DPPH}} * 100 \quad (3.2)$$

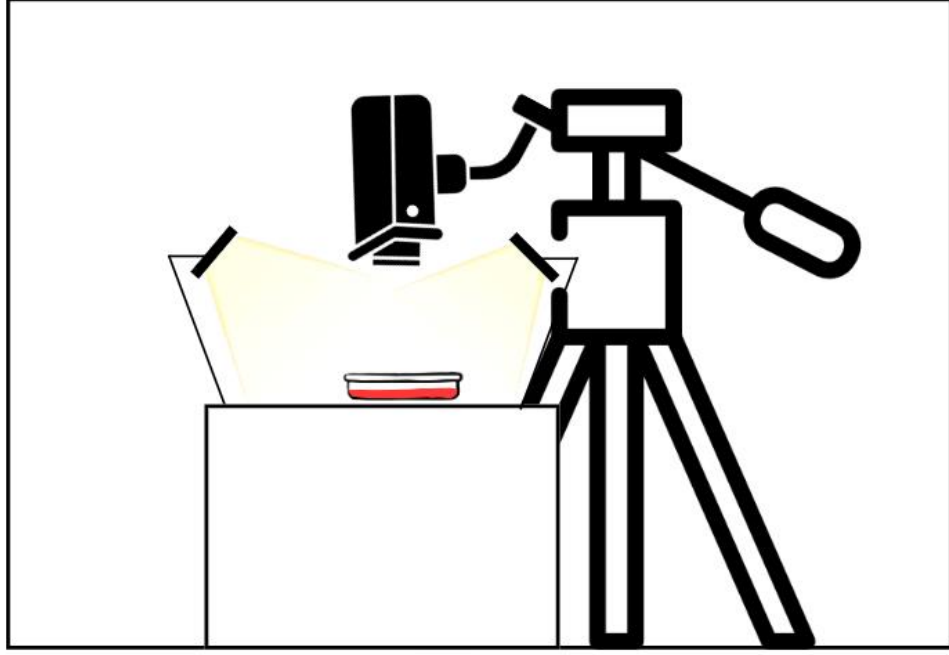
Denklemden  $A_{DPPH}$  numune olmadan yalnızca DPPH çözeltisinin absorpsiyon değerini,  $A_{numune}$  ise numunenin 30 dakika inkübasyon sonucundaki absorpsiyon değerini ifade etmektedir.

#### **3.2.5.5. Kolorimetrik yöntem ile renk özelliklerinin belirlenmesi**

CIE (Commission Internationale l'Eclairage) rengi üç boyutlu olarak tanımlamaktadır;  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (kırmızıdan yeşile renk) ve  $b^*$  (sarıdan maviye renk). Vişne suyu numunelerinin renk özellikleri, standart bir beyaz plaka ile kalibre edilmiş kolorimetre cihazı (CR-400, Konica Minolta Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. 10'ar ml'lik numuneler cihaza ait numune kabına aktarılmıştır ve ölçümler en az üç tekrarlı okumalarla yapılmıştır. Sonuçlar CIELAB sisteminde birimler cinsinden ifade edilmiştir.

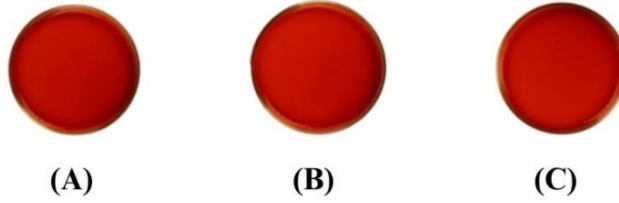
#### **3.2.5.6. Görüntü işleme yöntemi ile renk özelliklerinin belirlenmesi**

Vişne suyu örneklerini renk özelliklerine göre ayırt etmek amacıyla görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile analiz için 15\*30 cm ölçülerinde iki adet LED panel eğimli ve örnekler homojen yansıyacak bir konfigürasyonda yerleştirilmiştir. Analiz boyunca yabancı ışık kaynaklarının etkisini minimize ederek, görüntü alımı sırasında eşit aydınlatmanın sağlanmasına önem verilmiştir. CCD kamera (D5200, Nikon Corp., Minato, Japonya), görüntüleri yakalamak için örneklerden 50 cm uzaklıkta zemine dik bir biçimde yerleştirilmiştir. 90 mm çapındaki petri kaplarının her birine pipet yardımıyla 15'er ml aktarılan örneklerden en az 3 tekrarlama olacak şekilde görüntüleri alınarak dokümanite edilmiştir. Görüntü eldesi için geliştirilen düzenek Şekil 3.2.'de şematize edilmiştir.



**Şekil 3.2.** Vişne suyu örneklerinden görüntülerin elde edilmesi.

Petri kabındaki işlem görmemiş, ultrases uygulanmış ve termal işlem görmüş üç farklı vişne suyu örneğinden elde edilen misal görüntüler ise Şekil 3.3'te sunulmuştur.



**Şekil 3.3.** Üretilen vişne sularının fotoğrafları.

(A: İşlem uygulanmamış örnek, B: ultrases işlemi uygulanmış örnek, C: termal işlem uygulanmış örnek).

Elde edilen görüntüler ileri işlemler için CCD kameradan bilgisayara katı hal sürücüsü (SSD) aracılığıyla aktarılmıştır. MATLAB (The MathWorks, ABD) Görüntü İşleme Araç Kutusu kullanılarak, görüntülerin renk değerlerini hesaplamak için özel bir algoritma tasarlanmıştır. Algoritma sırasıyla görüntü okuma, kırmızı alanları izole etmek için eşik değerlerinin belirlenmesi, doğrusal bir matris içerisinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin atanması, her görüntü için ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin hesaplanması ve sonucun ekrana yazdırılması görevlerini gerçekleştirmektedir.

Görüntülerin renk değerlerinin belirlenmesi için tasarlanan MATLAB kodunun temsili bir gösterimi Şekil 3.4.'te verilmiştir:

```
% Görüntünün yüklenmesi ve gösterilmesi;
img = imread("Dosya Adı");
imshow(img);

% Görüntüdeki kırmızı alanların belirlenmesi;
redMask = img(:,:,1) > 200 & img(:,:,2) < 100 & img(:,:,3) < 100;

% Kırmızı alanın kesitinin alınması;
redL = img(:,:,1);
redA = img(:,:,2);
redB = img(:,:,3);

% Kırmızı alan için L*, a* ve b* değerlerinin ortalamasının hesaplanması;
redL_avg = mean(redL(redMask))*10^-1;
redA_avg = mean(redA(redMask))*10^-1;
redB_avg = mean(redB(redMask))*10^-1;

% Ortalama değerlerin ekrana yazdırılması;
fprintf('Kırmızı alanın L* ortalaması: %.2f\n', redL_avg);
fprintf('Kırmızı alanın a* ortalaması: %.2f\n', redA_avg);
fprintf('Kırmızı alanın b* ortalaması: %.2f\n', redB_avg);
```

**Şekil 3.4.** Görüntü işleme yöntemi için kullanılan MATLAB kodunun örnek gösterimi.

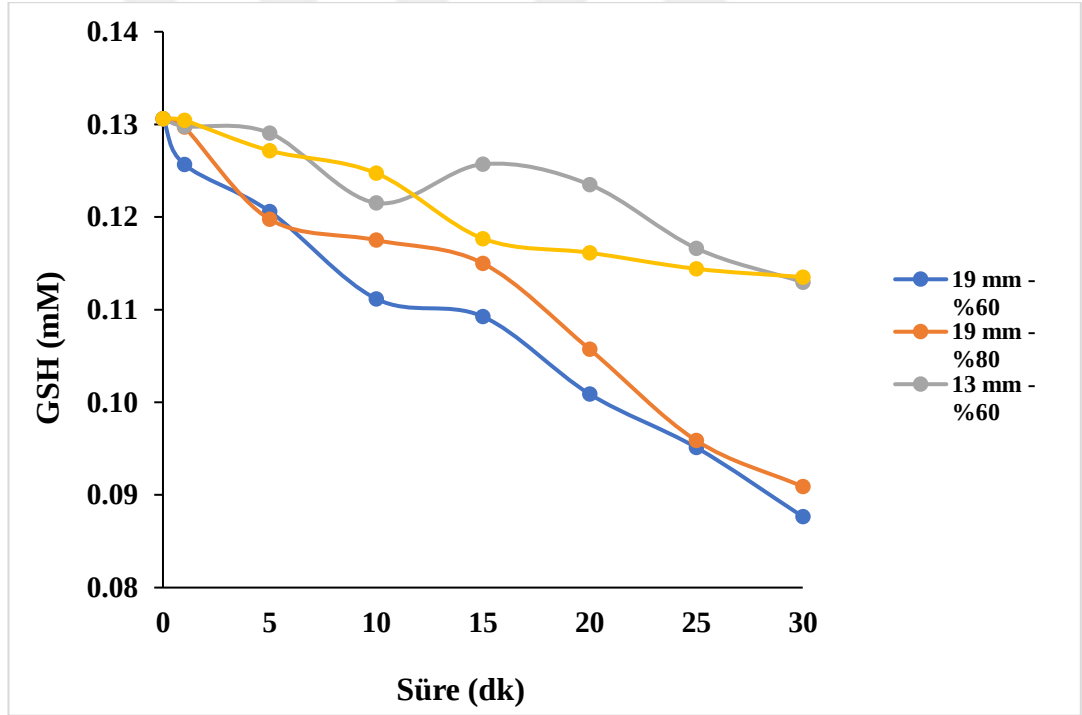
### 3.2.6. İstatistiksel analiz

Verilerin istatistiki olarak analizi Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, ABD) ve Minitab 16 veri analiz programı (Minitab Inc., State College, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan programlarda veriler Tukey karşılaştırma testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile %95 güven aralığı ( $p < 0,05$ ) esas alınarak değerlendirilmiştir.

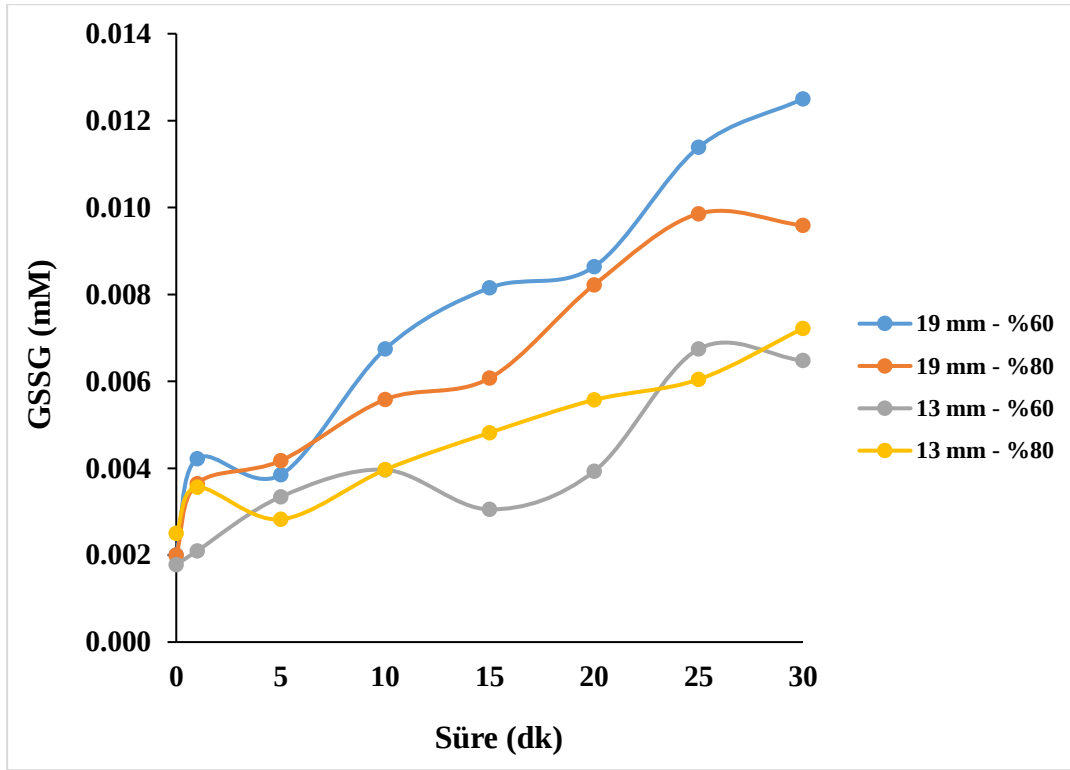
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Su Ortamında Ultrases Kaynaklı Serbest Radikal Oluşumunun Glutatyon Oksidasyonu ile Tahminlenmesi

Glutatyon, indirgenmiş (GSH) formunda iken ilettiği elektronlar ile serbest radikaller ile etkileşime girmekte ve oksitlenmiş (GSSG) formuna dönüşmektedir. Bu dönüşüm mekanizması ışığında ultrases prosesinin neden olabileceği serbest radikaller kararlı hale getirilerek su ve vişne suyu örneklerinde oksidasyon süreçleri değerlendirilmiştir. 13 mm ve 19 mm çaplı problar ile %60 ve %80 genlikte 30 dakika süreyle uygulanan ultrases işleminin GSH oksidasyonuna ve GSSG oluşumu üzerine etkisi sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. GSH konsantrasyonunun ultrases işlemi süresince değişimi.

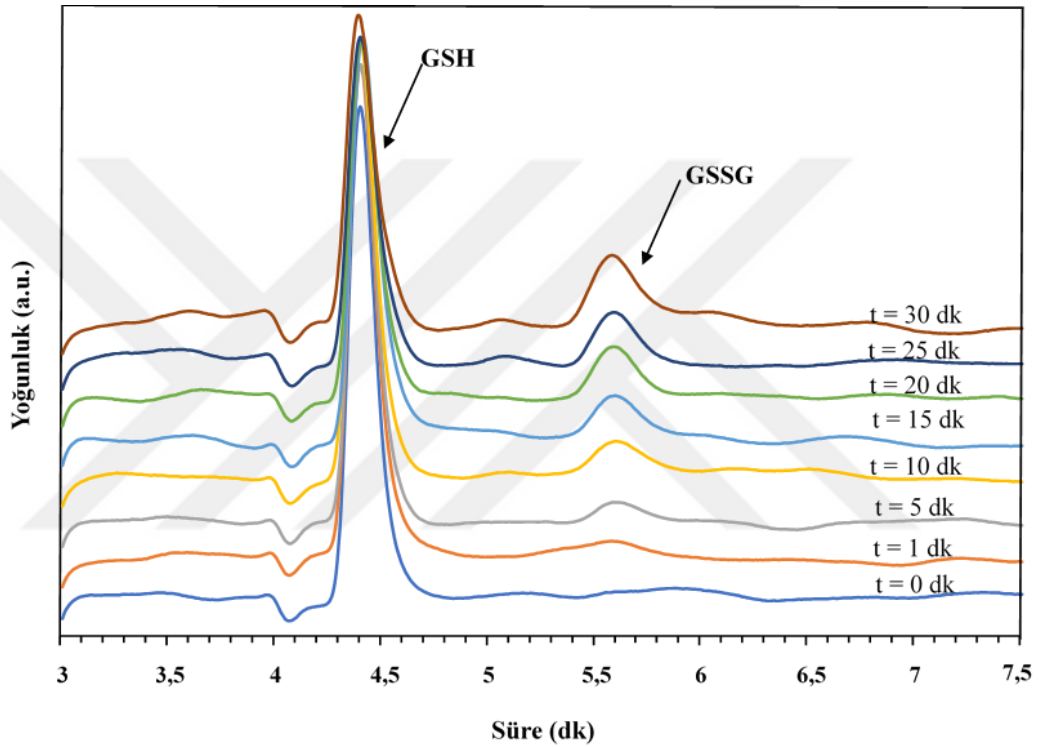


**Şekil 4.2.** GSSG konsantrasyonunun ultrases işlemi süresince değişimi.

19 mm prob çapı ile %60 genlik seviyesinde uygulanan işlem için ultrases öncesi GSH konsantrasyonu 0,13 mM iken, 30. dakikalık işlem sonucunda 0,087 mM seviyelerine kadar düşmüştür. Buna bağlı olarak aynı süre diliminde GSSG konsantrasyonu 0,002 mM'den 0,012 mM'ye yükselmiştir. Aynı prob çapında genlik seviyesi %80'e yükseltildiğinde ölçülen son GSH ve GSSG konsantrasyonlarında istatistiksel olarak bir fark görülmemiş olup ( $p>0,05$ ); GSH konsantrasyonu 0,013 mM'dan 0,092 mM seviyesine düşmüş, GSSG konsantrasyonu ise 0,002 mM'den 0,009 mM'ye yükselmiştir. %60 genlik için başlangıç noktasından 30. dakikaya kadar gözlenen azalma miktarı %32,9 iken %80 genlik için bu miktar %29,2 olarak kaydedilmiştir.

13 mm prob çapı için de iki farklı genlik seviyelerinde GSH ve GSSG konsantrasyonları incelenmiştir. %60 genlikte uygulanan ultrases işleminde GSH konsantrasyonu 0,13 mM'den 0,11 mM'ye düşerken, GSSG konsantrasyonu 0,002 mM'den 0,006 mM'ye artmıştır. İki genlik seviyesinde oluşan GSSG miktarları istatistiksel olarak benzer sonuç vermiştir ( $p>0,05$ ). %80 genlikte uygulanan işlemde başlangıçta GSH miktarı 0,13 mM iken işlem sonunda 0,11 mM seviyelerine düşerken, buna bağlı olarak işlem sonunda kaydedilen GSSG miktarı 0,002 mM'dir. 0-30 dakika aralığında GSH'nin toplam azalma oranları %60 ve %80 genlik için sırasıyla %13,5 ve %13,1 olarak kaydedilmiştir.

GSH ve GSSG'nin HPLC kromatogramında belirlenen tutunma zamanları sırasıyla yaklaşık 4,2 ve 5,4 dakika olarak kaydedilmiştir. GSH sulu çözeltilerinin farklı sonikasyon sürelerine ait HPLC kromatogramı temsili olarak 19 mm prob için Şekil 4.3'te verilmektedir. Ultrases işlem süresi 30 dakikaya kadar uzatıldıkça kromatogram üzerinde GSH pik alanında düşüş gözlenirken, GSSG pik alanında ise oksidasyona bağlı olarak artış gözlemlenmiştir. Bu deneysel çalışmayla birlikte GSH'nin ultrases işlemi boyunca serbest radikallerle etkileşimi sonucu okside olarak GSSG formuna dönüştüğü sonucu desteklenmiştir.



**Şekil 4.3.** Suda ultrases işlemi boyunca GSH'nin oksidasyon sonucu GSSG'ye dönüşümüne ilişkin HPLC kromatogramı (210 nm dalga boyunda).

Jambrak vd. (2021) tarafından EPR spektroskopisi kullanılarak yapılan bir araştırmada su ortamına üç farklı prob çapı (1,6-3,2-6,4 mm) ve genlik seviyelerinde (%50-75-100) ultrases işlemi uygulanmış ve serbest radikaller DMPO (5,5-Dimetil-1-Pirolin-N-oksit) spin tuzağı aracılığıyla tespit edilmiştir. 1,6 mm'lik prob ile %50 genlikte DMPO konsantrasyonunun 1., 3. ve 5. dakikalarda sırasıyla yaklaşık 101, 198 ve 285 mM olduğu ve zamana bağlı olarak radikal sayısının da artış gösterdiği kaydedilmiştir. Ayrıca aynı prob çapı ile %75 ve %100 genlik seviyelerinde uygulanan işlem değerlendirildiğinde, aynı genlikte işlem süresinin artması serbest radikal sayısında da bir artış yaratmıştır. 3,2 ve 6,4 mm prob çapı ile yapılan ultrases işlemlerinde ise bazı

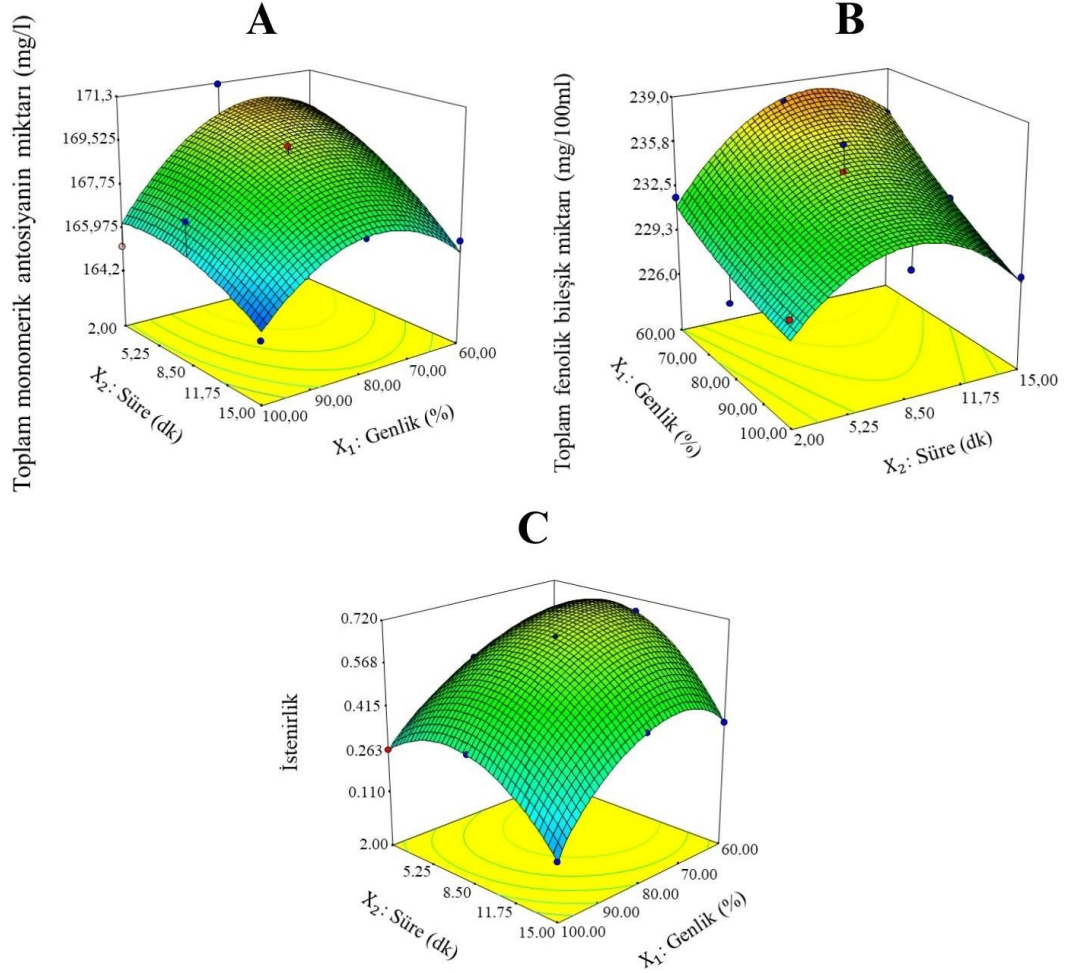
veriler prob aşınmaları dolayısıyla ölçümlenememiş olup artan işlem süresi ve genlikte radikal sayılarında artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu çalışma referans alındığında ultrases işleminin sıvı ortamda serbest radikal oluşturma potansiyeli açıktır. Literatürde, radikal tespiti için EPR spektroskopisinin yanı sıra bu tez çalışmasında da önerilen GSH oksidasyonunun HPLC analizi ile tahminlenmesine olanak sağlanan bazı araştırmalar da yer almaktadır. Chen vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada benzer olarak kırmızı şarapta ultrases sonucu oluşan serbest radikallerin tetiklediği reaksiyonların EPR spektroskopisi ve HPLC ile incelenmesi amaçlanmıştır. 0,10 mM GSH ilaveli model kırmızı şaraba 500 W ultrases gücü ve 25 kHz frekansta 20 dakika boyunca ultrases uygulanmış, işlem sonrasında şarapta bulunan GSH miktarının özellikle ilk 4 gün hızla azaldığı kaydedilmiştir. Bu azalmanın serbest radikallerin indüklenmesine kateşinle birlikte GSH'nin de destek sağlamış olabileceği ve şarabın renk özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlayabileceği kanaatine varılmıştır. Çalışmada ayrıca GSH'nin ultrases işlemi sırasında serbest radikallerle etkileşimi konusundaki araştırmaların arttırılmasının ve doğrulamaların şarap kalite özelliklerine katkıda bulunacağına vurgu yapılmıştır. Kırmızı şarapla yapılan başka bir çalışmada (Lukić vd., 2020) ise SO<sub>2</sub> ve GSH ilaveli şarap örneklerine ultrases işlemi uygulanmış, 19,1 mm prob çapı ile %50-100 genlik seviyelerinde toplam fenolik madde içeriğinin maksimum korunduğu kaydedilmiştir. Ayrıca GSH ilavesinin şarapta daha düşük SO<sub>2</sub> kullanımını sağlayabileceğini kaydetmişlerdir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler değerlendirildiğinde, ultrases işlemi için 19 mm'lik probun kullanılması 13 mm'lik proba kıyasla GSH'nin oksidasyon aktivitesini güçlendirdiği ve okside formu olan GSSG'ye dönüşümü üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple, tez çalışmasının ikinci kısmında daha yüksek düzeyde oksidasyon potansiyeli sunan 19 mm'lik prob kullanılarak ultrases prosesinin optimizasyonu sağlanmıştır.

#### **4.2. Optimum Ultrases Proses Koşullarının Seçilmesi**

Ultrases prosesi sırasında fenolik bileşik kaybını en aza indirmek ve vişne suyunun kalite özelliklerini korumak için parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. İşleme sırasında enerji salınımından kaynaklanan sıcaklık artışının, özellikle renkten sorumlu olan fenolik bileşiklere herhangi bir zarar gelmesini önlemek için dikkatli bir şekilde kontrol edilmektedir. Bu bağlamda, hem toplam antosiyanin içeriğinin

(TMA) hem de toplam fenolik bileşik içeriğinin (TFM) maksimum düzeyde korunabilmesi için yüzey yanıt metodolojisiyle değerlendirilen iki bağımsız değişkenin (genlik ve süre) etkisi 3 boyutlu grafikler ile sırasıyla Şekil 4.4A ve Şekil 4.4B’de verilmektedir.



**Şekil 4.4.** Toplam antosiyanin (A), toplam fenolik bileşik (B) içeriği ve iki parametredeki istenirlik düzeyi (C) için yüzey yanıt metodolojisiyle elde edilen 3 boyutlu optimizasyon grafikleri.

Vişne suyunda değişen genlik ve sürelerdeki ultrases işleminin TMA ve TFM seviyeleri üzerindeki etkisi, yanıt yüzey metodolojisi kullanılarak bu değişkenlerin ikinci dereceden analizi yoluyla açıklanmıştır. Sırasıyla Tablo 4.1 ve 4.2’de sunulduğu gibi, TMA ve TFM açısından ultrases sürecinin istatistiksel önemini değerlendirmek için yapılan varyans analizine (ANOVA) göre TFM ve TMA için  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,88 ve 0,84 olarak bulunmuştur.  $R^2$  değerinin 1’e yakın bir değer çıkması elde edilen veriler arasındaki uyumu ifade etmektedir. İki yanıt için de kullanılan ultrases modeli istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0,05$ ), buna karşılık uyumsuzluk değerinde

ise istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç görülmemiştir ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.1 ve 4.2). İstatistiksel olarak modelin önemli ve uyumsuzluğun önemsiz görülmesi, tasarlanan deneyin bağımsız değişkenleri ve elde edilen yanıtlar arasındaki uygunluğun bir göstergesidir.

TMA ve TFM konsantrasyonlarının hesaplanması için, varyans analizi sonucu elde edilen ikinci derece polinom denklemlerde 13 farklı proses için belirlenen bağımsız değişkenler denklem üzerinde yerine yazılmıştır. Varyans analizi sonucu elde edilen bu denklemler her iki yanıt için de aşağıda verilmiştir.  $x_1$  genlik seviyelerini,  $x_2$  ise işlem sürelerini ifade etmektedir.

$$\text{TMA} = 145,4418 + (0,712987 \cdot x_1 + (-0,35158 \cdot x_2) + (0,004923 \cdot x_1 \cdot x_2) + (-0,00508 \cdot x_1^2) + (-0,0155 \cdot x_2^2) \quad (4.1)$$

$$\text{TFM} = 2389,969 + (-2,72328 \cdot x_1 + (26,45737 \cdot x_2) + (-0,08538 \cdot x_1 \cdot x_2) + (0,012786 \cdot x_1^2) + (-1,04108 \cdot x_2^2) \quad (4.2)$$

13 farklı deneyde uygulanan ultrases işlemi sonrasında vişne suyu numunelerinin TFM ve TMA değerleri ölçülmüş ve ayrıca ve tüm bağımsız değişkenler, interaksiyonları ve kuadratik etkileri üzerinden öngörülen tahminsel sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Gerçek ölçümler ve tahminlenen değerler arasındaki fark üzerinden, yüzde bağıl hata oranları hesaplanmıştır. İşlemin parametreleri ve yanıtları ile birlikte elde edilen ölçümler Tablo 4.3.'te özetlenmiştir. Yapılan ölçümlerde TMA değerleri, işlem süresi ve dalga genliğine bağlı olarak 164,3 ila 171,9 mg siyanidin-3-glukozit/l aralığında gözlemlenirken, TFM değerleri 2228,9 ila 2405,8 mg GAE/100 ml arasında değişmiştir. Her deney için hesaplanan yüzde bağıl hata değerleri oldukça düşük bulunmuş olup TMA için -1,6 ila 1,5 aralığında, TFM için ise -5,2 ila 2,5 aralığında değişmiştir.

İki farklı yanıt için elde edilen denklemlerden varyans analizi sonucu istatistiksel olarak önemli bulunmayan ( $p>0,05$ ) bileşenler daha sonra elemine edilerek son denklemler aşağıdaki gibi belirlenmiş ve TMA ve TFM için tahmini konsantrasyon hesaplaması yapılmıştır.

$$\text{TMA} = 145,4418 + (0,712987 \cdot x_1 + (-0,35158 \cdot x_2) + (-0,00508 \cdot x_1^2) \quad (4.3)$$

$$\text{TFM} = 2389,969 + (-2,72328 \cdot x_1 + (26,45737 \cdot x_2) + (-1,04108 \cdot x_2^2) \quad (4.4)$$

Önemsiz faktörlerin eliminasyon işlemi yapıldıktan sonra Eşitlik 4.3 ve Eşitlik 4.4'e göre hesaplanan tahmini TMA ve TFM değerleri ve bağıl hatalar ise Tablo 4.4'te verilmektedir. Yüzey yanıt yöntemi kapsamında TMA ve TFM içerikleri için elde edilen 3 boyutlu grafikler ise sırasıyla Şekil 4.4A ve Şekil 4.4B'de verilmektedir. Analiz kapsamında iki farklı yanıt da göz önünde bulundurularak TMA ve TFM konsantrasyonlarının maksimum korunduğu ultrases proses koşulları 0.71 istenirlik düzeyiyle %67 genlik ve 7 dakika olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4C).



**Tablo 4.1.** Toplam fenolik bileşik içeriği için ultrases parametrelerinin varyans analizi (ANOVA).

| Kaynak                 | KT       | sd | KO      | F değeri | p-değeri |         |
|------------------------|----------|----|---------|----------|----------|---------|
| Model ( $R^2=0,88$ )   | 10687,97 | 5  | 2137,59 | 6,40     | 0,0482   | önemli  |
| Genlik ( $x_1$ )       | 4726,43  | 1  | 4726,43 | 14,14    | 0,0198   |         |
| İşlem Süresi ( $x_2$ ) | 942,51   | 1  | 942,51  | 2,82     | 0,1684   |         |
| $x_1 \cdot x_2$        | 492,84   | 1  | 492,84  | 1,47     | 0,2914   |         |
| $x_1^2$                | 61,03    | 1  | 61,03   | 0,18     | 0,6911   |         |
| $x_2^2$                | 4514,40  | 1  | 4514,40 | 13,51    | 0,0213   |         |
| Kalan                  | 1336,93  | 4  | 334,23  |          |          |         |
| Uyumsuzluk             | 1144,85  | 3  | 381,62  | 1,99     | 0,4708   | önemsiz |
| Hata                   | 192,08   | 1  | 192,08  |          |          |         |
| Toplam                 | 12024,90 | 9  |         |          |          |         |

$R^2$ : Regresyon katsayısı, KT: Kareler toplamı, sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

**Tablo 4.2.** Toplam antosiyanin içeriği için ultrases parametrelerinin varyans analizi (ANOVA).

| Kaynak                 | KT    | sd | KO    | F değeri | p-değeri |         |
|------------------------|-------|----|-------|----------|----------|---------|
| Model ( $R^2=0,84$ )   | 36,24 | 5  | 7,25  | 5,36     | 0,0446   | önemli  |
| Genlik ( $x_1$ )       | 7,84  | 1  | 7,84  | 5,80     | 0,0610   |         |
| İşlem Süresi ( $x_2$ ) | 12,41 | 1  | 12,41 | 9,18     | 0,0291   |         |
| $x_1 \cdot x_2$        | 1,64  | 1  | 1,64  | 1,21     | 0,3213   |         |
| $x_1^2$                | 10,44 | 1  | 10,44 | 7,72     | 0,0390   |         |
| $x_2^2$                | 1,09  | 1  | 1,09  | 0,80     | 0,4111   |         |
| Kalan                  | 6,76  | 5  | 1,35  |          |          |         |
| Uyumsuzluk             | 5,03  | 3  | 1,68  | 1,94     | 0,3578   | önemsiz |
| Hata                   | 17,3  | 2  | 0,86  |          |          |         |
| Toplam                 | 43,00 | 10 |       |          |          |         |

$R^2$ : Regresyon katsayısı, KT: Kareler toplamı, sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

**Tablo 4.3.** Ultrases prosesinin merkezi kompozit tasarımına dayalı optimizasyonu ile ölçülen ve tahminlenen yanıt değişkenleri.

| Run        | Parametreler         |           |                     |           | Yanıtlar   |             |        |                 |             |        |
|------------|----------------------|-----------|---------------------|-----------|------------|-------------|--------|-----------------|-------------|--------|
|            | Genlik (%) ( $x_1$ ) |           | Süre (dk) ( $x_2$ ) |           | TMA (mg/l) |             |        | TFM (mg/100 ml) |             |        |
|            | Gerçek               | Kodlanmış | Gerçek              | Kodlanmış | Deneysel   | Tahminlenen | BH (%) | Deneysel        | Tahminlenen | BH (%) |
| <b>R1</b>  | 80                   | 0         | 8,5                 | 0         | 169,2      | 169,2       | 0,0    | 234,6           | 234,6       | 0,0    |
| <b>R2</b>  | 100                  | 1         | 15                  | 1         | 164,3      | 164,6       | -0,2   | 232,9           | 228,0       | 2,1    |
| <b>R3</b>  | 80                   | 0         | 2                   | -1        | 171,2      | 170,0       | 0,7    | 226,9           | 228,9       | -0,9   |
| <b>R4</b>  | 80                   | 0         | 8,5                 | 0         | 167,8      | 169,2       | -0,9   | 240,6           | 234,6       | 2,5    |
| <b>R5</b>  | 60                   | -1        | 2                   | -1        | 169,6      | 169,8       | -0,1   | 236,0           | 231,1       | 2,1    |
| <b>R6</b>  | 80                   | 0         | 8,5                 | 0         | 171,9      | 169,2       | 1,5    | 236,6           | 234,6       | 0,8    |
| <b>R7</b>  | 60                   | -1        | 15                  | 1         | 166,1      | 165,6       | 0,3    | 235,5           | 235,8       | -0,1   |
| <b>R8</b>  | 60                   | -1        | 8,5                 | 0         | 168,1      | 168,4       | -0,1   | 237,5           | 237,9       | -0,2   |
| <b>R9</b>  | 80                   | 0         | 8,5                 | 0         | 169,6      | 169,2       | 0,2    | 239,0           | 234,6       | 1,9    |
| <b>R10</b> | 80                   | 0         | 8,5                 | 0         | 166,6      | 169,2       | -1,6   | 222,9           | 234,6       | -5,2   |
| <b>R11</b> | 100                  | 1         | 2                   | -1        | 165,2      | 166,2       | -0,6   | 230,1           | 227,7       | 1,0    |
| <b>R12</b> | 100                  | 1         | 8,5                 | 0         | 167,4      | 166,1       | 0,8    | 229,3           | 232,3       | -1,3   |
| <b>R13</b> | 80                   | 0         | 15                  | 1         | 167,1      | 167,1       | -0,1   | 231,4           | 231,4       | 0,0    |

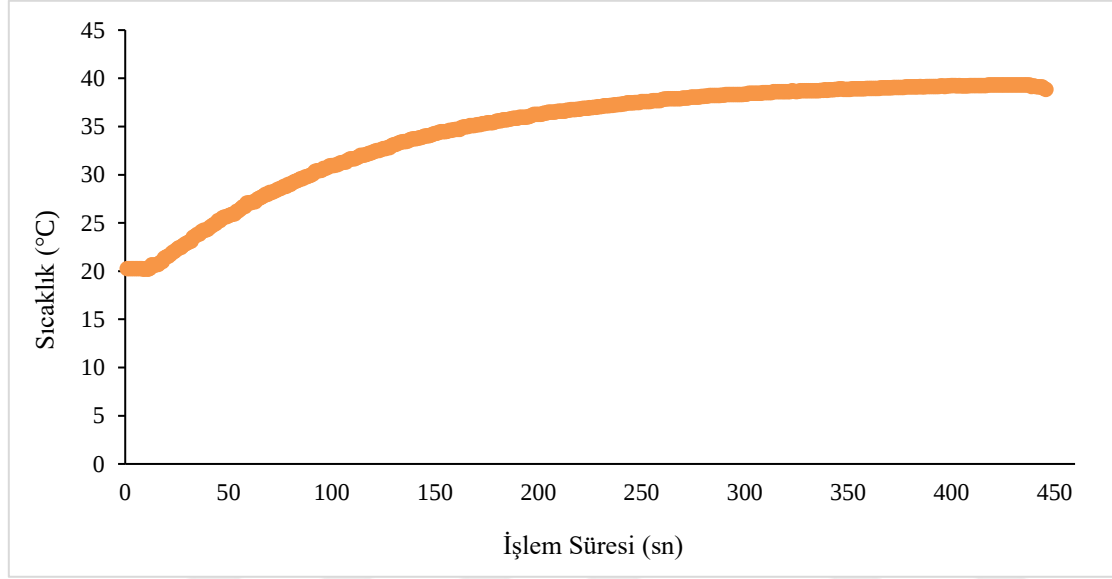
TMA: Toplam antosiyanin içeriği, TFM: Toplam fenolik bileşik içeriği, BH: Bağlı hata.

**Tablo 4.4.** Önemsiz parametrelerin eliminasyonu sonrasında indirgenmiş modele göre hesaplanan TMA ve TFA değerleri.

| Run        | Parametreler                 |           |                             |           | Yanıtlar   |             |        |                 |             |        |
|------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|------------|-------------|--------|-----------------|-------------|--------|
|            | Genlik (%) (x <sub>1</sub> ) |           | Süre (dk) (x <sub>2</sub> ) |           | TMA (mg/l) |             |        | TFM (mg/100 ml) |             |        |
|            | Gerçek                       | Kodlanmış | Gerçek                      | Kodlanmış | Deneysel   | Tahminlenen | BH (%) | Deneysel        | Tahminlenen | BH (%) |
| <b>R1</b>  | 80                           | 0         | 8,5                         | 0         | 169,2      | 169,0       | 0,1    | 234,6           | 234,8       | -0,1   |
| <b>R2</b>  | 100                          | 1         | 15                          | 1         | 164,3      | 164,2       | 0,0    | 232,9           | 228,9       | 1,7    |
| <b>R3</b>  | 80                           | 0         | 2                           | -1        | 171,2      | 170,4       | 0,5    | 226,9           | 229,2       | -1,0   |
| <b>R4</b>  | 80                           | 0         | 8,5                         | 0         | 167,8      | 169,0       | -0,7   | 240,6           | 234,8       | 2,4    |
| <b>R5</b>  | 60                           | -1        | 2                           | -1        | 169,6      | 169,4       | 0,1    | 236,0           | 232,0       | 1,7    |
| <b>R6</b>  | 80                           | 0         | 8,5                         | 0         | 171,9      | 169,0       | 1,7    | 236,6           | 234,8       | 0,7    |
| <b>R7</b>  | 60                           | -1        | 15                          | 1         | 166,1      | 166,5       | -0,3   | 235,5           | 234,6       | 0,4    |
| <b>R8</b>  | 60                           | -1        | 8,5                         | 0         | 168,1      | 167,9       | 0,1    | 237,5           | 237,6       | -0,1   |
| <b>R9</b>  | 80                           | 0         | 8,5                         | 0         | 169,6      | 169,0       | 0,3    | 239,0           | 234,8       | 1,8    |
| <b>R10</b> | 80                           | 0         | 8,5                         | 0         | 166,6      | 169,0       | -1,5   | 222,9           | 234,8       | -5,3   |
| <b>R11</b> | 100                          | 1         | 2                           | -1        | 165,2      | 167,1       | -1,1   | 230,1           | 226,4       | 1,6    |
| <b>R12</b> | 100                          | 1         | 8,5                         | 0         | 167,4      | 165,6       | 1,1    | 229,3           | 232,0       | -1,2   |
| <b>R13</b> | 80                           | 0         | 15                          | 1         | 167,1      | 167,5       | -0,3   | 231,4           | 231,7       | -0,2   |

TMA: Toplam antosiyanin içeriği, TFM: Toplam fenolik bileşik içeriği, BH: Bağlı hata.

Vişne suyunun optimize edilmiş ultrases proses koşullarında işlenmesi sırasında proses süresince (7 dakika) termokupl ile eş zamanlı olarak kaydedilen sıcaklık değişim profili Şekil 4.5'te verilmiştir. Numunelerin işlem öncesi sıcaklığı ortalama 19,8 °C iken, 7 dakikalık işlem sonucu ortalama 39,3 °C olarak ölçülmüştür.



**Şekil 4.5.** Optimum koşullarda uygulanan ultrases işlemi boyunca ölçülen sıcaklık değişimi.

Optimum koşullarda vişne suyuna uygulanan ultrases işlemi için kalorimetrik olarak hesaplanan güç ve enerji yoğunlukları denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Ultrases gücü (W)} = m * c_p * \frac{dT}{dt} = 100 \text{ g} * 3,734 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * 0,1386 \frac{^\circ\text{C}}{\text{s}} = 51,75 \text{ W}$$

$$\text{Ultrases yoğunluğu (W/cm}^2\text{)} = \frac{\Delta P}{\pi D^2} = \frac{51,75 \text{ W}}{\pi (1,9 \text{ cm})^2} = 4,56 \text{ W/cm}^2$$

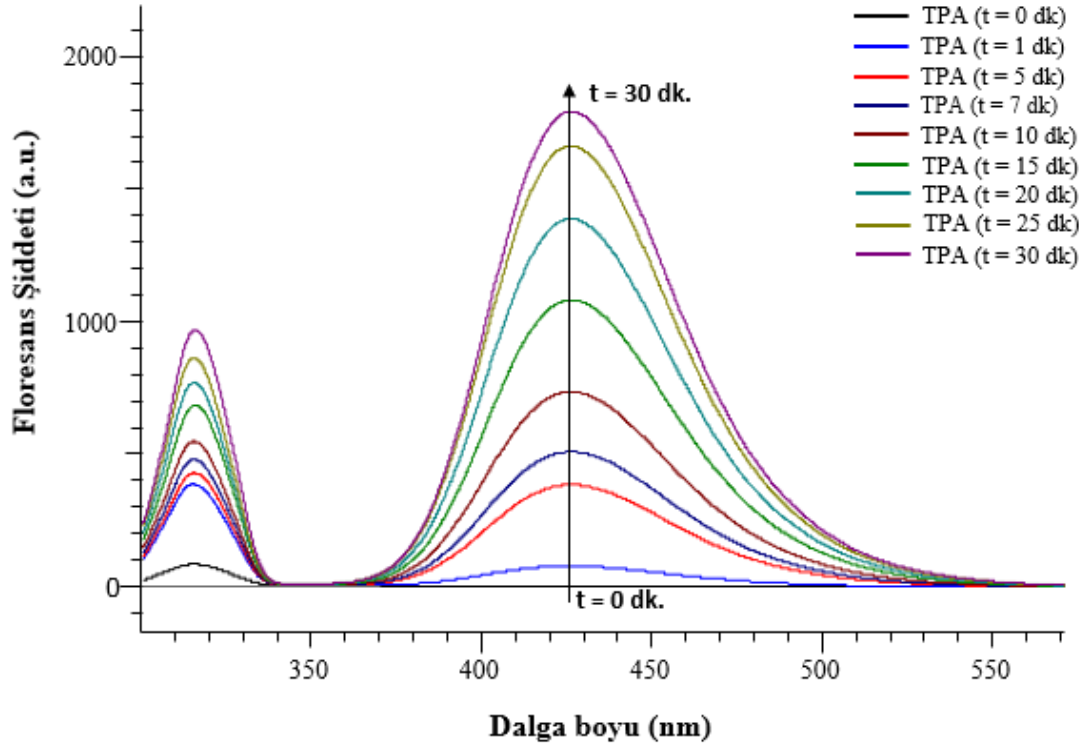
$$\text{Akustik enerji yoğunluğu (W/ml)} = \frac{W}{V} = \frac{51,75 \text{ W}}{100 \text{ ml}} = 0,52 \text{ W/ml}$$

#### 4.2.1. Optimum genlikte sonikasyon süresince oksidasyon düzeyinin gözlemlenmesi

##### 4.2.1.1. Su ve vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı tereftalik oksidasyonun incelenmesi

TFA oksidasyon sonucunda floresans özellik göstermesi sebebiyle ultrases işlemi ile oluşan serbest radikallerin oksidasyon etkisinin değerlendirilebilmesi açısından indikatör olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda su ve vişne suyu örneklerine optimize edilmiş

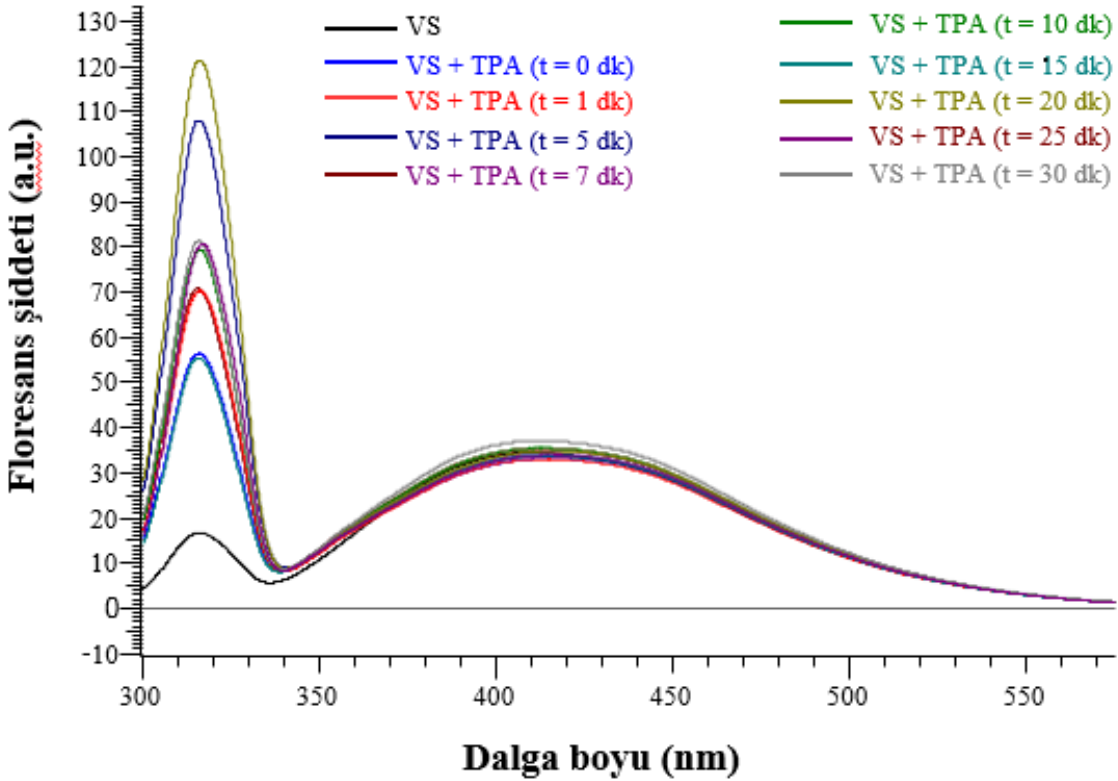
koşullarda (%67 genlik, 7 dakika, 19 mm prob) ultrases işlemi uygulanmıştır. Suyu TFA ilavesi, vişne suyuna TFA ilavesi ve vişne suyuna GSH ilavesi ile oluşturulan üç farklı kombinasyondaki örnekler optimum koşullarda 30 dakika boyunca ultrases prosesine tabi tutularak floresans spektrofotometre yardımı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen spektrumda floresans şiddeti arttıkça örneklerde oluşan oksidasyonun arttığı hipotezi baz alınarak değerlendirme yapılmıştır. TFA sulu çözeltisine uygulanan ultrases işlemi boyunca 0., 1., 5., 7., 10., 15., 20., 25. ve 30. dakikalarda toplanan numuneler floresans spektrofotometrede ölçülmüş ve 300-650 nm dalga boyu aralığında oluşturduğu floresans şiddeti belirlenmiştir. Ultrases proses süresine bağlı olarak TFA sulu çözeltisi için elde edilen spektrum Şekil 4.6.'da verilmiştir.



**Şekil 4.6.** Su+TFA örneklerinin farklı sürelerdeki ultrases işlemi sonrasındaki floresans spektrumları (TFA: tereftalik asit, t: ultrases işlem süresi).

TFA içeren sulu çözeltinin ultrases işlemi öncesinde (t=0 dk) incelenen spektrumunda herhangi bir floresans piki gözükmezken sonikasyon süresi arttıkça örneklerin gösterdiği floresans şiddetinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, uzayan işlem süresiyle birlikte

daha fazla serbest radikal oluşumu gerçekleştiğini ve oksidasyon reaksiyonlarının arttığını göstermektedir. Sonuçlar GSH'nin sulu çözeltisinde gerçekleşen oksidasyon süreçleriyle kıyaslandığında birbiriyle uyumlu gözükmektedir. Ayrıca Sazgarnia ve Shanei (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, akustik kavitasyonun oksidasyona etkilerinin TFA göstergesi ile incelenmesi sağlanmıştır. Çalışmada hazırlanan TFA sulu çözeltisi, 1 MHz frekansta ve  $2 \text{ W/cm}^2$  yoğunlukta 3 dakika süreyle ultrases işlemine tabi tutulmuş ve sırasıyla 310 ve 420 nm'de uyarma ve emisyon dalga boylarıyla floresan spektroskopisi kullanılarak ölçümlenmiştir. Ultrases yoğunluğunun artışının floresans sinyalini arttırdığı gözlemlenmiş ve TFA'nın serbest hidroksil radikallerini tespit etmek için uygun bir yöntem olduğunu ortaya konulmuştur. Şekil 4.7 ise optimum genlikte 30 dakika süresince ultrases işlemi uygulanmış TFA ilaveli vişne suyu örneklerinin floresans spektrofotometrede 300-650 nm dalga boyu aralığında ölçülen floresans spektrumlarını göstermektedir.

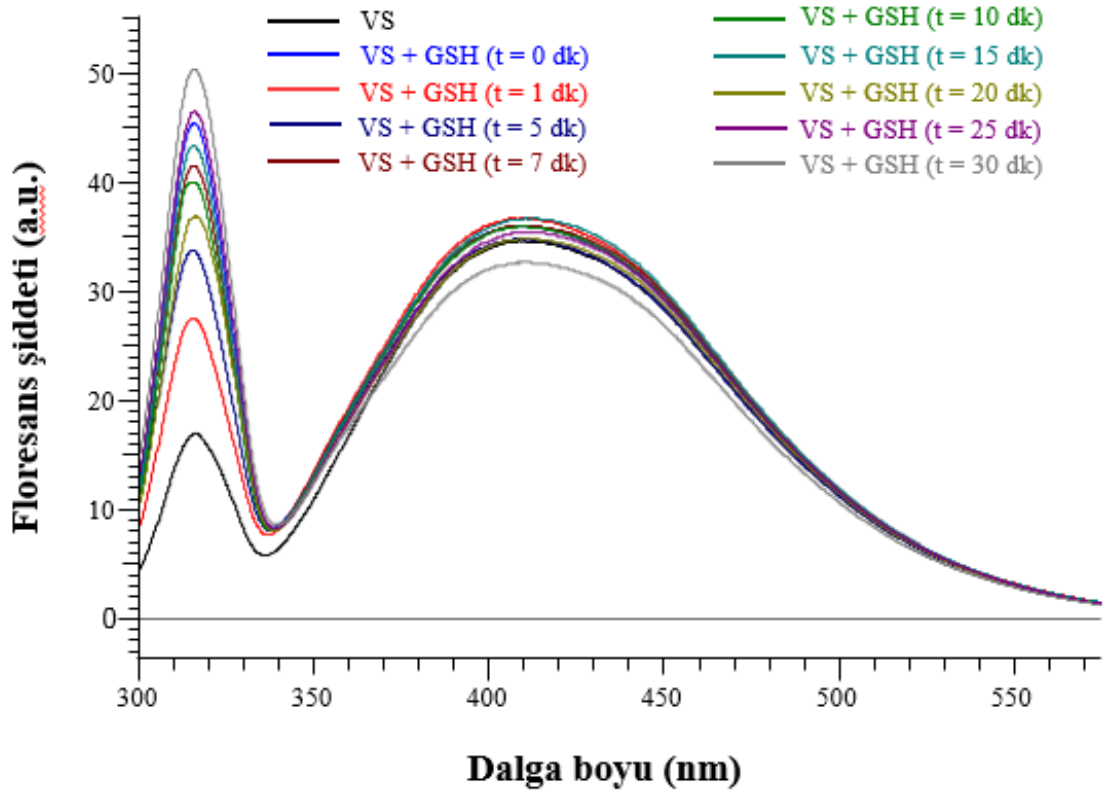


Şekil 4.7. Ultrases uygulanan vişne suyu+TFA örneklerinin floresans spektrumları (VS: vişne suyu, TFA: tereftalik asit, t: ultrases işlem süresi).

TFA indikatörünü içeren vişne suyuna uygulanan ultrases işlemi boyunca spektrumda herhangi bir floresans aktivitesi gözlenmemiştir. Oluşan piklerin floresans şiddeti oldukça düşük olmakla birlikte süreye bağlı piklerde herhangi bir artış ya da azalış gerçekleşmemiştir. Bunun sebebi; vişne suyunun suya kıyasla antioksidan bileşenlere sahip kompleks bir yapıda olması ve oluşan serbest radikallerin TFA ile değil, hızla diğer bileşenlere bağlanarak oksidasyon gerçekleştirmesi; buna bağlı olarak da herhangi bir floresans özellik göstermemesi olarak tahminlenmektedir.

#### 4.2.1.2. Vişne suyu ortamında ultrases kaynaklı glutatyon oksidasyonunun incelenmesi

Ultrases kaynaklı oluşan serbest radikallerin GSH ilaveli vişne suyundaki oksidasyon davranışı için optimum genlikte (%67) 19 mm prob ile 30 dakika süresince gerçekleştirilen sonikasyon işlemlerinde belirli aralıklarla alınan örneklerle ait floresans spektrumları Şekil 4.8.'de gösterilmektedir.

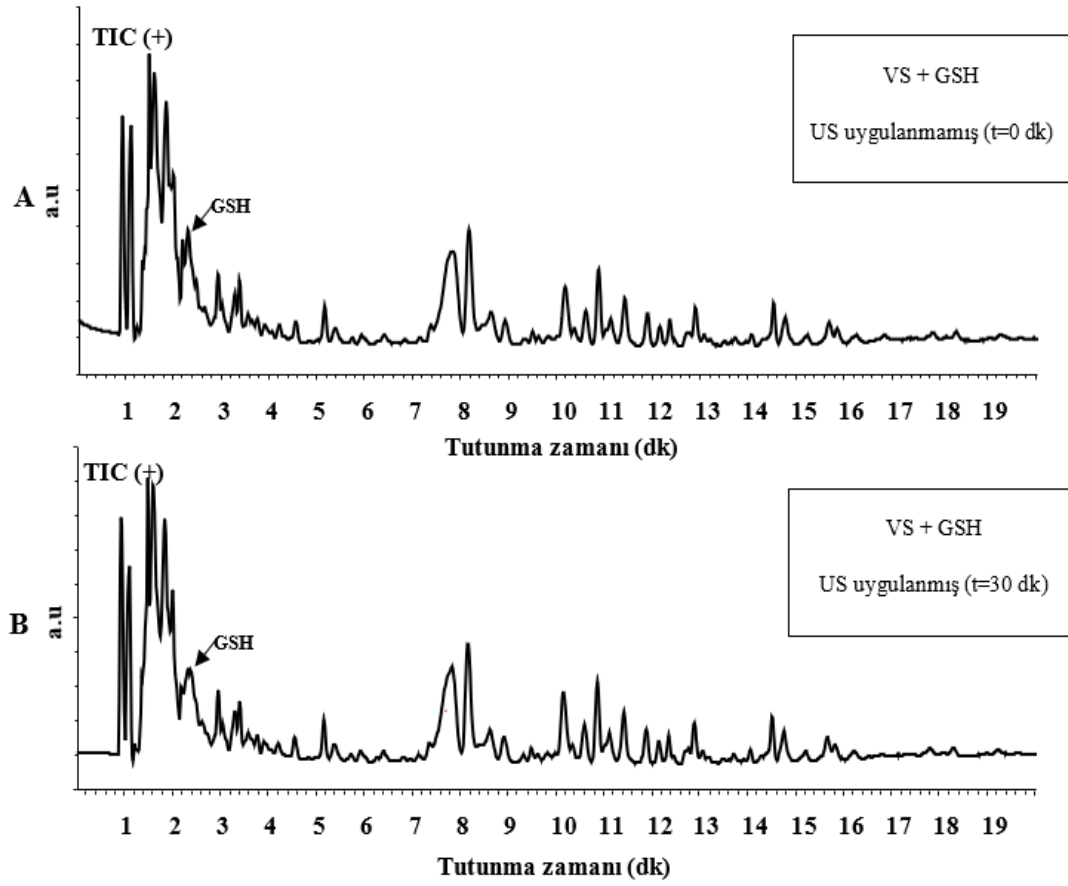


**Şekil 4.8.** Optimum genlikte (%67) farklı sonikasyon sürelerinde (0-30 dk) işlenmiş GSH ilaveli vişne suyu örneklerinin floresans spektrumları (VS: vişne suyu, TFA: tereftalik asit, t: ultrases işlem süresi).

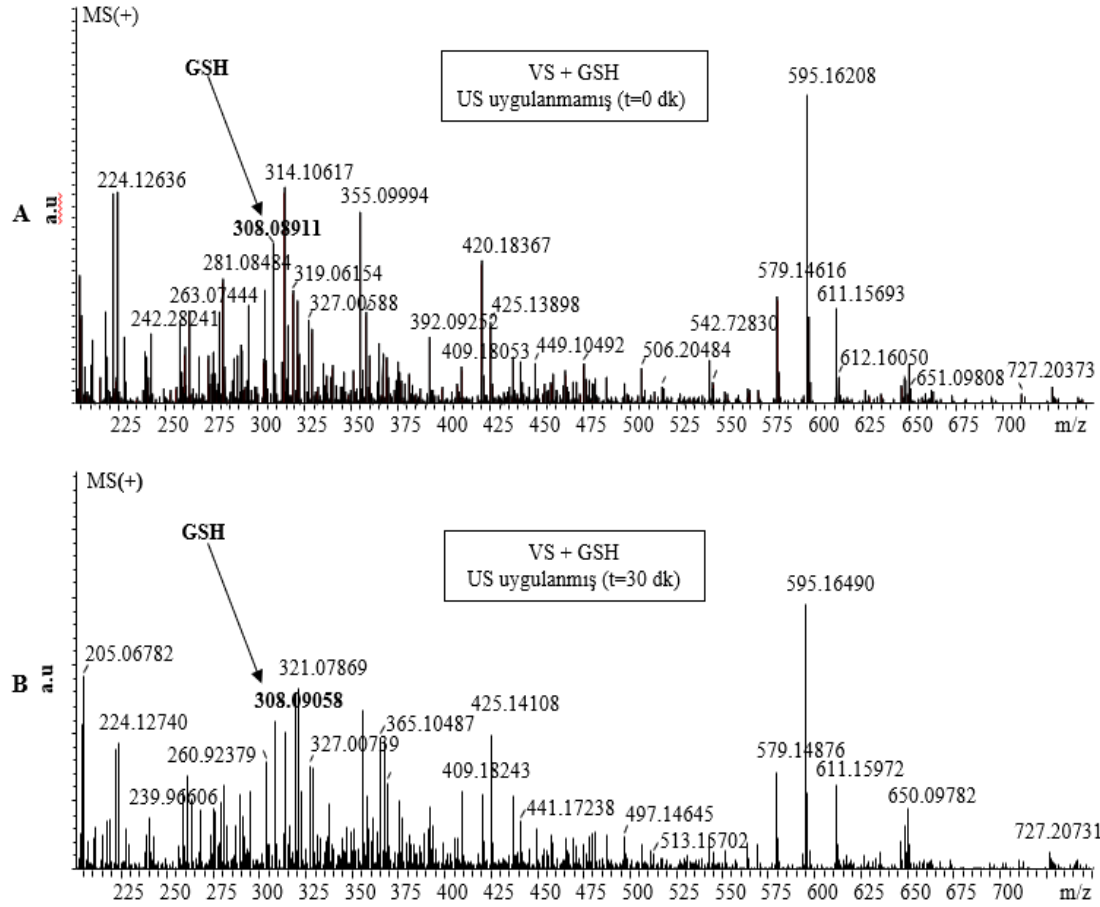
Elde edilen veriler sonucunda, tıpkı TFA ilaveli vişne suyu örneğinde olduğu gibi işlem süresine bağlı olarak piklerde bir değişim meydana gelmemiş olup floresans özellik gösteren herhangi bir bileşen saptanmamıştır. GSH ilaveli vişne suyu örnekleri arasında değişen sonikasyon süresine bağlı olarak örnekler arasında zamana bağlı olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir. Örnekte floresans özellik gösterebilecek bir madde ilavesi olmadığından dolayı bu durum piklerin floresans şiddetinin düşük olması ve pikler arasında bir değişim gözlenmemesi bulgusuyla uyumludur.

#### **4.2.2. Glutasyon ilaveli vişne suyunda ultrases kaynaklı oksidasyonun LC-MS ile belirlenmesi**

0,5 mM konsantrasyona sahip GSH ilaveli vişne suyu örneklerinin ultrases işlemi öncesi ( $t=0$  dk) ve sonrası ( $t=30$  dk) içerdikleri GSH miktarları kromatografik ve spektroskopik olarak incelenmiştir. Ultrases işlemi uygulanmamış vişne suyu örneğinde dedekte edilen GSH, işlem sonrasında da gözlemlenmişken; işlem boyunca GSH oksidasyonuna bağlı GSSG dönüşümü dedekte edilmemiştir. Serbest radikallerin vişne suyunda bulunan diğer biyoaktif bileşenlerle reaksiyona girmesinin GSH'nin okside olmasının önüne geçtiği düşünülmektedir. GSH'nin kromatogram üzerinde tutunma zamanı yaklaşık 2,3 dakika olarak ölçülmüştür. LC aşaması sonrası MS kısmına aktarılan örnekler kütle/yük oranına göre ayrıştırılmış ve örnek içerisinde bulunan GSH'nin tespiti sağlanmıştır.  $m/z$  oranı 308,0891 olan GSH LC-MS spektrumunda kütüphane verileri ile desteklenerek tespit edilmiş; ancak, GSSG ( $m/z= 613,1597$ ) gözlemlenmemiştir. LC'de olduğu gibi MS spektrumunda da herhangi bir GSSG dönüşümüne rastlanmamıştır. GSH ilaveli vişne suyunun ultrases işlemi öncesi ve sonrasına ilişkin LC kromatogramları ve MS spektrumları sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.



**Şekil 4.9.** Ultrases işlemi öncesi ve sonrasında vişne suyu örneklerinin LC-MS kromatogramları. (A: GSH ilave edilmiş ultrases işlemi uygulanmamış vişne suyu örneği, B: GSH ilave edilmiş ultrases işlemi uygulanmamış vişne suyu örneği VS: Vişne suyu, GSH: indirgenmiş glutatyon, t: ultrases işlem süresi).

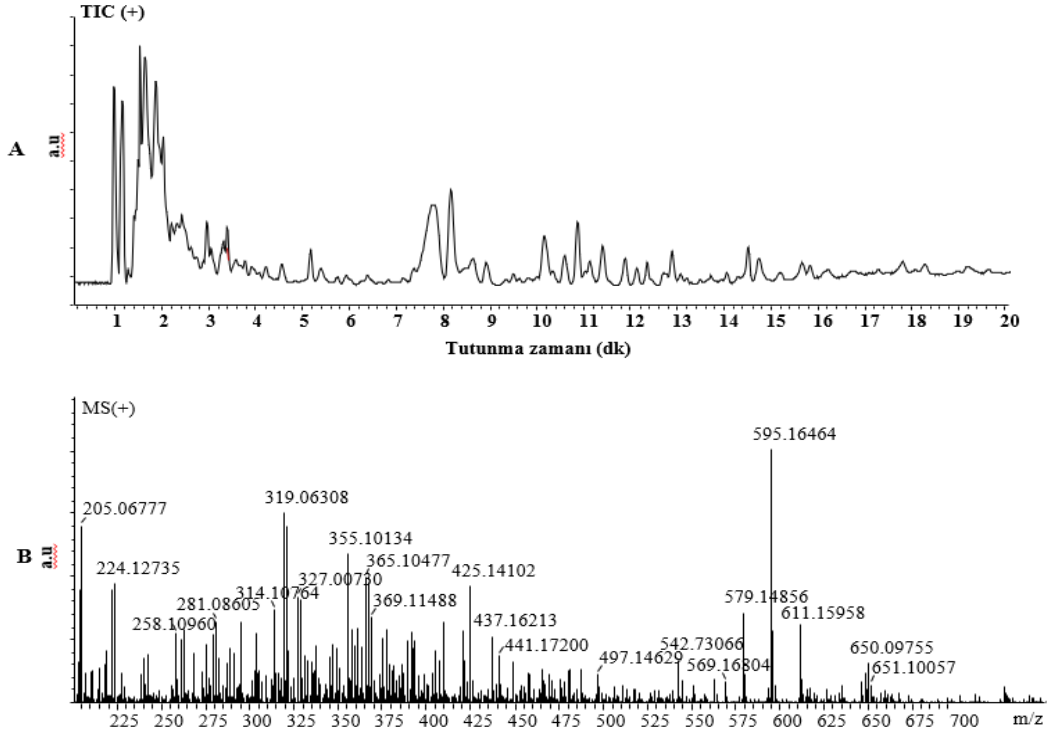


**Şekil 4.10.** Ultrases işlemi öncesi ve sonrasında vişne suyu örneklerinin LC-MS spektrumları (A: GSH ilave edilmiş ultrases işlemi uygulanmamış vişne suyu örneği, B: GSH ilave edilmiş ultrases işlemi uygulanmamış vişne suyu örneği VS: Vişne suyu, GSH: indirgenmiş glutatyon, t: ultrases işlem süresi).

#### 4.2.3. Fenolik bileşiklerin karakterizasyonu

Vişne suyu; yapısında flavonoller, fenolik asitler, antosiyaninler gibi çeşitli polifenoller bulundurmaktadır. Bu polifenoller aroma ve renkten sorumlu olmakla birlikte güçlü antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri sayesinde insan sağlığı açısından son derece önemli bileşikler olarak ön plana çıkmaktadır (Eryılmaz, 2016). Vişne suyunun kalite özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir faktör olan fenolik bileşiklerin kayba uğramaması, son ürün kalitesinin korunması açısından son derece önemlidir. HPLC ve LC-MS, literatürde vişne suyunun fenolik bileşik yapılarının tanımlanması için sıkça tercih edilen yöntemlerdir. Örneğin (Toydemir vd., 2013) vişne suyundaki 38 bileşeni başarılı bir şekilde LC-MS ile karakterize edebildiklerini rapor etmişlerdir. Bir diğer

çalışmada tatlı vişne suyu ve nektarında toplam fenolik bileşiklerin HPLC ve LC-MS ile belirlenerek iki farklı işlenmiş form arasındaki polifenol içeriklerinin kıyası yapılmıştır (Llupa vd., 2022). Bu çalışmada da vişne suyunda bulunan fenolik bileşikler LC-QTOF/ESI-MS yöntemi ile kromatografik ve spektrometrik olarak analiz edilmiştir. Sıvı kromatografisi ve kütle spektroskopisi entegrasyonu ile gerçekleşen bu sistemde bileşikler öncelikle uygun sıvı fazlar ile ayrıştırılmıştır (LC aşaması). Daha sonra kütle spektroskopisinde bileşikler kütle/yük ( $m/z$ ) oranına göre farklı sürelerde dedekte edilerek kalitatif olarak tanımlanmıştır. Kütle spektroskopisi ile spesifik olarak kütlelerine göre ayrılan fenolik bileşikler spektrum oluşturmakta ve  $m/z$  oranına göre kütüphanedeki veriler ile eşleştirilerek tanımlanmaktadır. Vişne suyu örneklerinin herhangi bir işlem uygulanmadan içerdiği fenolik bileşikleri karakterize edebilmek amaçlanmıştır. Karakterizasyona ilişkin örneklere uygulanan sıvı kromatografisi (LC) aşamasında elde edilen kromatogram (A) ve kütle spektroskopisi (MS) aşamasında elde edilen spektrum (B) Şekil 4.11.'de verilmiştir. Ayrıca kromatogram ve spektrumdan elde edilen çıktılar ışığında kütüphanede eşleştirilen 26 bileşen tanımlanarak Tablo 4.5.'te listelenmiştir.



**Şekil 4.11.** Vişne suyunun LC-MS ile karakterizasyonuna ilişkin kromatogram (A) ve spektrum (B).

**Tablo 4.5.** LC-MS analizi ile vişne suyunda kalitatif olarak karakterize edilen fenolik bileşikler.

| Bileşenler                                 |                  |             |                                 |                     | Pozitif moleküler iyon piki |          | Negatif moleküler iyon piki |
|--------------------------------------------|------------------|-------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| Antosiyaninler                             | Kimyasal Formülü | Kesin Kütle | Teorik Kütle M+, (M+H)+, (M-H)- | Tutunma zamanı (dk) | M+                          | (M+1)+   | (M-H)-                      |
| siyanidin-3-O-diglukozit-5-glukozit        | (C33H41O21)+     | 773,2139    | 773,2139                        | 12,367              | 773,2137                    | -        | -                           |
| siyanidin-3-O-soforozit                    | (C27H31O16)+     | 611,1611    | 611,1611                        | 7,440               | 611,1616                    | -        | -                           |
| siyanidin-3-O-glukozit                     | (C21H21O11)+     | 449,1083    | 449,1083                        | 8,255               | 449,1079                    | -        | -                           |
| siyanidin 3-O-glukozil-rutinosid           | (C33H41O20)+     | 757,219     | 757,219                         | 7,830               | 757,2187                    | -        | -                           |
| siyanidin-3-O-rutinosid                    | (C27H31O15)+     | 595,1662    | 595,1662                        | 8,505               | 595,1661                    | -        | -                           |
| pelargonidin 3-(2glu glukozilrutinosid)    | (C33H41O19)+     | 741,2241    | 741,2241                        | 8,572               | 741,2244                    | -        | -                           |
| <b>Hidroksisinnamik Asitler</b>            |                  |             |                                 |                     |                             |          |                             |
| neoklorojenik asit (3-O-kafeoilkinik asit) | (C16H18O9)       | 354,0950    | 355,1028                        | 8,237               | -                           | 355,1018 | 353,0874                    |
| 3-p-kumarilkinik asit                      | (C16H18O8)       | 338,1001    | 339,1079                        | 10,18               | -                           | 339,1074 | 337,0917                    |
| klorojenik asit (5-O-kafeoilkinik asit)    | (C16H18O9)       | 354,0950    | 355,1028                        | 10,592              | -                           | 355,1018 | 353,1069                    |
| 4-O-kafeoilkinik asit                      | (C16H18O9)       | 354,095     | 355,1028                        | 4,202               | -                           | 355,1016 | -                           |
| 3,5-dikafeoilkinik asit                    | (C25H24O12)      | 516,1267    | 515,1188                        | 17,202              | -                           | 515,1179 | -                           |
| <b>Flavan-3-ol'lar</b>                     |                  |             |                                 |                     |                             |          |                             |
| (+)-kateşin                                | (C15H14O6)       | 290,0790    | 291,0868                        | 10,442              | -                           | 291,0864 | 289,0707                    |
| prosiyanidin B                             | (C30H26O12)      | 578,1423    | 579,1502                        | 9,018               | -                           | 579,1503 | 577,1340                    |
| prosiyanidinler, tetramer                  | (C60H50O24)      | 1154,2691   | 1155,2769                       | 11,825              | -                           | 1155,277 | 1153,2614                   |
| prosiyanidinler, dimer                     | (C30H26O12)      | 578,5277    | 579,1502                        | 11,387              | -                           | 579,1495 | 577,1341                    |
| (-)-epikateşin                             | (C15H14O6)       | 290,0790    | 291,0868                        | 12,130              | -                           | 291,0866 | 289,0708                    |
| prosiyanidinler, trimer                    | (C45H38O18)      | 866,2057    | 867,2135                        | 12755               | -                           | 867,2138 | 867,1972                    |

**Tablo 4.5. (Devamı)** LC-MS analizi ile vişne suyunda karakterize edilen fenolik bileşikler.

| Bileşenler                        |                  |                |                                    |                        | Pozitif moleküler<br>iyon piki |          | Negatif moleküler<br>iyon piki |
|-----------------------------------|------------------|----------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|
| Flavonoller ve Flavon             | Kimyasal Formülü | Kesin<br>Kütle | Teorik Kütle<br>M+, (M+H)+, (M-H)- | Tutunma zamanı<br>(dk) | M+                             | (M+1)+   | (M-H)-                         |
| kaempferol 3-soforozit-7-glukozit | (C33H40O21)      | 772,2061       | 773,2139                           | 12,688                 | -                              | 773,2136 | 771,1978                       |
| quercetin-3-O-rutinosid           | (C27H30O16)      | 610,1533       | 611,1611                           | 14,550                 | -                              | 611,1608 | 609,145                        |
| quercetin-3-O-galaktozid          | (C21H20O12)      | 464,0954       | 465,1032                           | 15,232                 | -                              | 465,1027 | 463,0871                       |
| apigenin-7-O-glukozit             | (C21H20O10)      | 432,1056       | 433,1134                           | 15,616                 | -                              | 433,1135 | 431,097                        |
| kaempferol-3-O-rutinosid          | (C27H30O15)      | 594,1584       | 595,1662                           | 15,643                 | -                              | 595,1661 | 593,1497                       |
| isorhamnetin-3-O-rutinosid        | (C28H32O16)      | 624,1689       | 625,1767                           | 15,93                  | -                              | 625,176  | 623,1604                       |
| dihidrokaempferol-glukozit        | (C21H22O11)      | 450,1161       | 451,124                            | 13,062                 | -                              | -        | 449,1075                       |
| dihidrokaempferol-3-O-rhamnosid   | (C21H22O10)      | 434,1212       | 435,129                            | 14,853                 | -                              | 435,1284 | 433,1131                       |
| isorhamnetin-3-O-glukozit         | (C22H22O12)      | 478,111        | 477,1032                           | 15,73                  | -                              | -        | 477,1027                       |

### 4.3. Optimum Ultrases İşlem Koşullarında Üretilen Vişne Suyunun Kalite Özellikleri ve Termal İşlem ile Kıyaslanması

#### 4.3.1. pH, toplam çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği

İşlem uygulanmamış vişne suyu numuneleri, ultrases ve termal pastörizasyon uygulanmış vişne suyu numuneleri alınarak pH, titrasyon asitliği ve toplam çözünür kuru madde miktarları (°Brix) hesaplanmıştır. Tüm parametreler için ölçümler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol numunesi ile işlem görmüş numuneler arasında pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Yapılan işlemler vişne suyunun asiditesini ve katı madde içeriğini etkilemediğinden işlemler arası bu değerler için herhangi bir fark görülmemesi uyumludur. Ayrıca Hooshyar vd., (2020), vişne suyuna uyguladıkları ultrases işlemi sonucu ürünlerdeki pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerinde önemli bir değişim gözlemlenmediği rapor etmiştir. Aynı şekilde Türken ve Erge (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise vişne suyuna uygulanan ultrases işlemi sonrası bu parametrelerde işleme bağlı bir değişimin olmadığı kaydedilmiştir. Tez çalışmasında üç farklı numune için elde edilen pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerleri Tablo 4.6.'da verilmiştir.

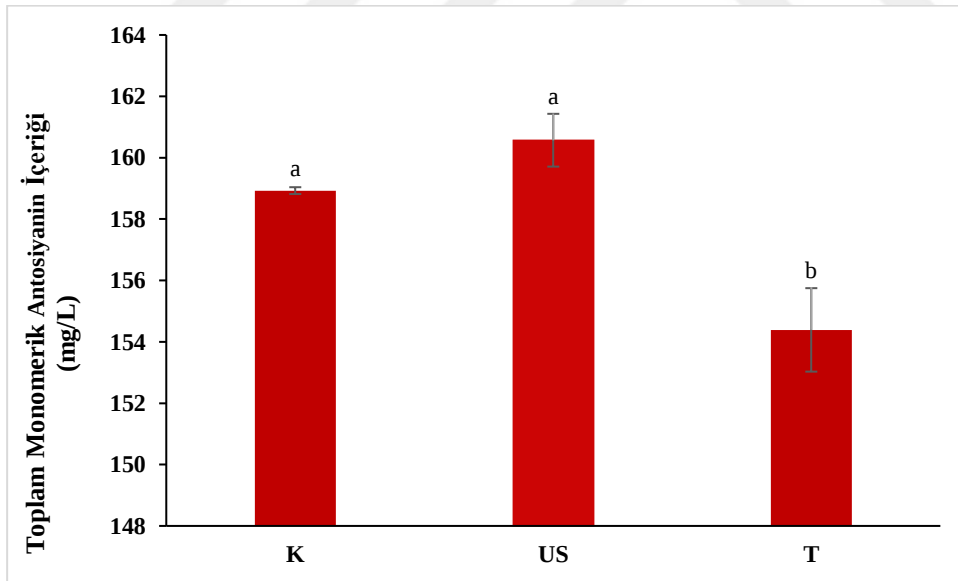
**Tablo 4.6.** Vişne suyu örneklerinin pH, titrasyon asitliği ve °Brix değerleri.

| İşlem | pH                     | Titrasyon Asitliği<br>(g/100 mL) | Toplam Çözünür<br>Kuru<br>Madde (°Brix) |
|-------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| K     | 3,22±0,04 <sup>a</sup> | 1,36±0,08 <sup>a</sup>           | 13,50±0,10 <sup>a</sup>                 |
| US    | 3,21±0,01 <sup>a</sup> | 1,41±0,09 <sup>a</sup>           | 13,55±0,07 <sup>a</sup>                 |
| T     | 3,28±0,01 <sup>a</sup> | 1,42±0,10 <sup>a</sup>           | 13,50±0,10 <sup>a</sup>                 |

K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek.

#### 4.3.2. Toplam monomerik antosiyanin içeriği

Vişne suyu numunelerinin antosiyanin içeriği işlem görmemiş (K), ultrases uygulanmış (US) ve termal pastörizasyon uygulanmış (T) numuneler olmak üzere üç farklı formda incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Antosiyanin pigmentlerinin ısıya karşı hassasiyeti ve termal işlemler sırasında kararsız bir yapıya ve bozunmalarına yol açabilmektedir (Repajić vd., 2015). Termal pastörizasyon ve ultrases işlemine tabi tutulan vişne suyu örneklerindeki toplam antosiyanin içeriğindeki değişim Şekil 4.12'de gösterilmektedir. K, US ve T örnekleri için TMA değerleri sırasıyla 158,93, 160,57 ve 154,39 mg/l olarak hesaplanmıştır. US numunelerinde K numunelerine göre TMA'da hafif düzeyde bir artış gözlenirken, T numunelerinde azalma görülmüştür. K ve US örneklerindeki antosiyanin içeriklerinin tutarlı olduğu ve ultrases işleminin antosiyaninler üzerinde istatistiksel olarak önemli fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır ( $p>0,05$ ). T örneklerinin ise diğer iki örneğe kıyasla miktarının azalması istatistiksel olarak önemli görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bu çalışma kapsamında, ultrases prosesinin termal pastörizasyon işlemine nazaran antosiyaninlerin yapısında daha az değişikliğe yol açtığı görülmüştür.



**Şekil 4.12.** Vişne suyu örneklerinin toplam antosiyanin içeriğinin prosese bağlı değişimi (K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek).

Ultrases ve termal pastörizasyonun vişne suyundaki etkilerinin araştırılması üzerine tasarlanan bir çalışmada, toplam antosiyanin içeriğinin termal işlem etkisiyle önemli bir düşüş meydana getirdiği, ultrases işleminin ise istatistiksel olarak önemli bir

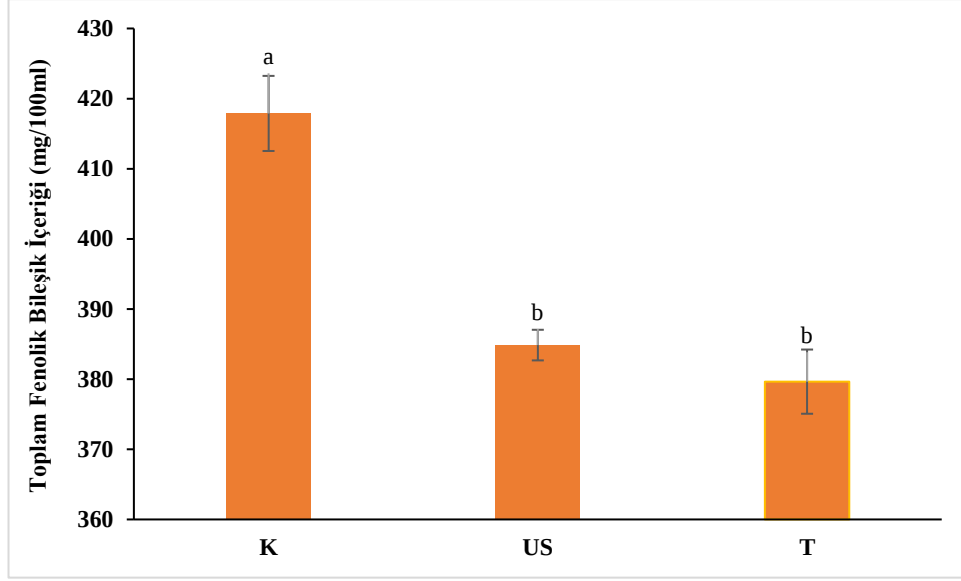
değişiklik yaratmadığı rapor edilmiştir (Hooshyar vd., 2020). Mikrobiyal özelliklerin de incelendiği çalışmada, 42,7 µm ve 61 µm genlik boyu, 8 ve 12 dakika işlem süresi ve 25 °C sıcaklıkta ultrases uygulandığında toplam koliformların tamamen yok edildiği kaydedilmiştir. 25 ve 60°C olmak üzere iki farklı sıcaklık ile çalışılmış ve hem mikrobiyal hem de fizikokimyasal özelliklerin korunumu ele alınarak 60°C ve 42,7 µm genlik boyunda çalışıldığında incelenen parametrelerin optimum seviyede olduğunu sonucuna varılmıştır. Ultrases koşullarının vişne suyundaki antosiyanin miktarına olan etkilerini araştırmak adına yapılan bir başka çalışma (Türken ve Erge, 2017), antosiyanin miktarının aynı sıcaklık ve işlem süresi boyunca %50-100 arası artan genlik seviyesi ile yaklaşık %3,72-13,2 oranında arttığını ortaya koymuştur. Literatürde incelenen çalışmalar tez çalışmasında elde edilen verilerle uyumlu olup termal pastörizasyona kıyasla ultrases prosesinin antosiyaninlerin yapısını korumak adına daha verimli bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

#### **4.3.3. Toplam fenolik madde içeriği**

Fenolik bileşikler antioksidan ve antimikrobiyal etkileri, tat ve aroma oluşumuna katkıları, renklendirici özelliklere sahip olmaları gibi çeşitli açılardan değer taşımaktadır. Vişne suyunun bileşiminde bol miktarda flavanol ve fenolik asitlerin yanı sıra siyanidin ve peonidin antosiyaninleri gibi fenolik bileşikler de önemli bir rol oynamaktadır. Reaktiviteleriyle bilinen polifenollerin bir alt sınıfı olan flavonoidler, glikozilasyona eğilimlidir. Reaksiyon eğilimleri ve çok sayıda hidroksil grubunun varlığı göz önüne alındığında, özellikle kavitasyon sırasında açığa çıkan enerjiye ve ultrases prosesi sırasında serbest radikallerin oluşumuna maruz kaldıklarında kolaylıkla reaksiyonlara girebilmektedir. Buna karşılık termal pastörizasyon ve benzeri işlemler sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalmak da polifenollerin degradasyonuna yol açabilmektedir.

Son araştırmalar, ultrases teknolojisinin termal pastörizasyona kıyasla daha düşük düzeyde olumsuz etkilere neden olabileceğini düşündürmektedir. Bu çalışmada, K, US ve T olarak etiketlenen numuneler için ölçülen toplam fenolik bileşik değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 4.13) ve değerler sırasıyla 417,89, 384,86 ve 379,65 mg GAE/100 ml olarak kaydedilmiştir. İstatistiksel analiz sonucu US ve T örnekleri arasında anlamlı bir fark olmadığını görülmüştür ( $p>0,05$ ). K örneği diğer örneklerle kıyasla daha yüksek bir değer alırken, toplam fenolik bileşik içeriğinde iki

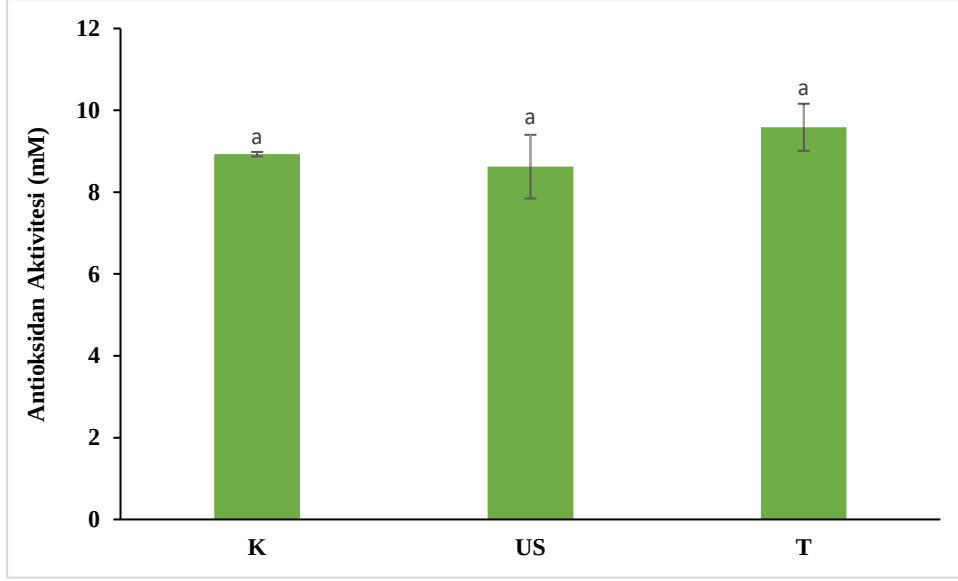
işleme yöntemi bağılı olarak da bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ultrases prosesi sonrasında antosiyanin içeriği korunmasına rağmen diğer fenolik bileşiklerin serbest radikallerle etkileşime girerek yapısal değişikliklere yol açtığı sonucuna varılmıştır. Antioksidan özelliklere sahip polifenollerin serbest radikalleri nötralize ederek TFM değerlerinin düşmesine katkıda bulunduğu açıktır. Buna karşılık, termal pastörizasyon antosiyaninler de dahil olmak üzere tüm fenolik bileşik içeriğinde bir azalmaya neden olmuştur. Termal pastörizasyon ve ultrases işleminde vişne suyunun toplam fenolik bileşik içeriğindeki değişimin incelendiği bir çalışmada, işlenmemiş örneklerde 1835 mg/l olarak analiz edilen değer, ultrases işleminde korunum gösterirken (1995 mg/l) termal pastörizasyon işleminin örneklerdeki TFM içeriğinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) ölçüde bir kayba uğrattığı rapor edilmiştir (Hooshyar vd., 2020). Alifakı ve Gök (2024) ise yine vişne suyunda yaptıkları araştırmada ultrasesi ohmik ısıtma ile destekleyerek 40 V/cm ohmik elektrik alan gücünde işlem süresinin (0-8 dakika) arttıkça kalite özelliklerinin optimum noktaya yaklaştığını not etmişlerdir. Ayrıca TFM içeriğinin de maksimum değere (28,76 GAE/ml) ulaştığı koşulların 54 W ultrases gücü, 5 dakika işlem süresi, 40 V/cm ohmik elektrik alan şiddeti olduğunu kaydetmişlerdir. Benzer başka bir çalışmada ise fenolik bileşik içeriği genlik seviyesi ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak ilişkilendirilmiştir. Farklı genlik seviyeleri (%50-75-100), farklı sıcaklık dereceleri (20-30-40 °C) ve 2-6-10 dakika işlem sürelerince ultrases uygulanmış optimize koşulların %100 genlik ve 2 dakika işlem süresi olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca sıcaklık değerinin 20'den 40 °C'ye getirilmesi TFM içeriğinin 377 mg/100 ml'den 422 mg/100 ml'ye yükselmesini sağlamıştır (Türken ve Erge, 2017). Ultrases koşullarının vişne suyunun kalite özelliklerini maksimize edilebilmesi adına optimize edilmesi önemlidir. Optimum koşullarda yapılan ultrases işlemi ile termal pastörizasyonun yarattığı kalite kaybının olabildiğince en aza indirgenebilmektedir. Tez çalışması literatürle desteklenmiş optimum koşullar ile vişne suyundaki kalite kaybını minimize etmeyi amaçlamıştır.



**Şekil 4.13.** Vişne suyu örneklerinin toplam fenolik bileşik içeriğinin işleme bağlı değişimi (K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek).

#### 4.3.4. Antioksidan aktivitesinin işleme bağlı değişiminin incelenmesi

Antioksidan özelliği, vişne suyunda kalite kontrol parametresi olarak büyük öneme sahiptir. Vişne suyu örneklerinin antioksidan aktiviteleri, Şekil 4.14'te gösterildiği gibi molar trolox eşdeğerleri cinsinden ifade edilerek değerlendirilmiştir. K örneklerinde antioksidan aktivitesi değeri 8,93 mM olarak ölçülürken, US örneklerinde küçük bir varyansa rağmen 8,62 mM olarak hesaplanmıştır. Termal işlem uygulanmış örneklerde ise diğer iki koşula kıyasla daha yüksek bir değer elde edilmiştir (9,59 mM). Ultrases işlemiyle karşılaştırıldığında termal işlemin antioksidan aktivitesi üzerinde işleme bağlı bir artış olduğunu göstermektedir. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında ise K, US ve T numuneleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ( $p>0,05$ ). Yapılan bazı çalışmalar, elde edilen sonuçlardan farklı olarak termal pastörizasyon ve ultrases işleminin antioksidan aktivitesi üzerinde önemli bir fark oluşturabileceğini göstermektedir. Örneğin Hooshyar vd. (2020), antioksidan aktivitesinin ultrases işleminden ve termal pastörizasyondan önemli ölçüde etkilendiğini ve işlem görmemiş vişne suyuna kıyasla inhibisyon yüzdelерinin daha düşük olduğunu kaydetmişlerdir. Bununla birlikte, termal pastörizasyonun %inhibisyon değerini ultrases işlemine göre daha fazla düşürdüğü, antioksidan aktivitesinin azalma miktarının daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.



**Şekil 4.14.** Vişne suyu örneklerinin antioksidan aktivitesinin işleme bağlı değişimi (K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek).

#### 4.3.5. Renk özelliklerinin işleme bağlı değişiminin incelenmesi

Vişne suyunun renk özellikleri, kritik bir kalite parametresi olarak belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.  $L^*$  parametresi açıklığı (0-100),  $+a^*$  ve  $+b^*$  ise sırasıyla kırmızılığı ve sarılığı temsil etmektedir. Sonuçlar incelendiğinde ultrases prosesinin ve termal pastörizasyonun  $L^*$  değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmadığı görülmüştür. Ancak kontrol örnekleri ile kıyaslandığında termal pastörizasyona tabi tutulan örneklerin  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark dikkat çekmiştir ( $p < 0,05$ ). Ayrıca termal pastörizasyon ile  $a^*$  değerindeki azalma işlemin antosiyaninleri kayba uğratmasına bağlı olarak kırmızılık değerindeki düşüşü kanıtlar niteliktedir. Vişne suyunda kolorimetrik yöntem ile renk analizi yapılan çalışmalar incelendiğinde, ultrases işlemine bağlı olarak  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde artış görüldüğü kaydedilmiştir. Oluşan bu artışın, tez çalışmasında da gözlemlendiği gibi, antosiyanin içeriğindeki değişimin bir sonucu olduğu ortaya konulmuştur (Jambrak vd., 2018; Alifakı ve Gök, 2024). Uygulanan işlemler sonucu renk değerlerinde meydana gelen değişiklikler kolorimetrik yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 4.7’de sunulmuştur. Ayrıca kolorimetrik yöntem ile görüntü işleme yöntemi arasında her değer için t-test uygulanmış ve ölçülen p-değerleri Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.7.** Vişne suyu örneklerinin kolorimetrik analizle ölçülen renk değerleri.

|    | Renk değerleri (kolorimetrik analiz) |                         |                         | p-değeri |       |       |
|----|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|-------|-------|
|    | L*                                   | a*                      | b*                      | L*       | a*    | b*    |
| K  | 18,61±0,06 <sup>a</sup>              | 1,41±0,08 <sup>a</sup>  | 0,23±0,05 <sup>a</sup>  | 0,083    | 0,040 | 0,027 |
| US | 18,92±0,15 <sup>a</sup>              | 1,31±0,09 <sup>ab</sup> | 0,06±0,03 <sup>ab</sup> | 0,032    | 0,016 | 0,020 |
| T  | 18,62±0,05 <sup>a</sup>              | 1,12±0,08 <sup>b</sup>  | 0,12±0,04 <sup>b</sup>  | 0,007    | 0,001 | 0,059 |

K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek, L\*: Aydınlık/beyazlık renk değeri, a\*: Kırmızı veya yeşil renk değeri, b\*: Sarı veya mavi renk değeri.

#### 4.3.6. Görüntü işleme yöntemi ile renk özelliklerinin değerlendirilmesi

Dijital ortamda analiz edilen vişne suyu görüntülerinin ortalama L\*, a\* ve b\* değerleri Tablo 4.8'de özetlenmiştir. Veriler arasındaki ilişki incelendiğinde, işlem görmemiş örnekler ile ultrases işlemine tabi tutulmuş örnekler arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamsızdır ( $p>0,05$ ). Ancak termal pastörizasyona tabi tutulan örneklerin a\* ve b\* değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Bu durum, termal işlemin a\* ve b\* değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.8.** Vişne suyu örneklerinin görüntü işleme yöntemi ile ölçülen renk değerleri.

|    | Renk değerleri (görüntü işleme) |                        |                        | p-değeri |       |       |
|----|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------|-------|-------|
|    | L*                              | a*                     | b*                     | L*       | a*    | b*    |
| K  | 20,72±0,33 <sup>a</sup>         | 4,57±0,39 <sup>a</sup> | 0,99±0,17 <sup>a</sup> | 0,083    | 0,040 | 0,027 |
| US | 21,29±0,01 <sup>a</sup>         | 6,03±0,11 <sup>a</sup> | 1,59±0,04 <sup>a</sup> | 0,032    | 0,016 | 0,020 |
| T  | 21,28±0,08 <sup>a</sup>         | 6,32±0,05 <sup>b</sup> | 1,85±0,30 <sup>b</sup> | 0,007    | 0,001 | 0,059 |

K: İşlem görmemiş örnek (kontrol), US: Ultrases işlemi uygulanmış örnek, T: Termal pastörizasyon uygulanmış örnek, L\*: Aydınlık/beyazlık renk değeri, a\*: Kırmızı veya yeşil renk değeri, b\*: Sarı veya mavi renk değeri.

Kolorimetrik olarak incelenen renk değerleri ile görüntü işleme yöntemi kullanılarak ölçülen renk değerleri karşılaştırıldığında L\* değerinin işleme bağlı olarak değişime uğramadığı sonucu iki yöntem için uyumludur. a\* değerinde iki yöntem için de ultrases

kaynaklı bir değişim gözlenmediği, termal pastörizasyon işlemi için ise değişime uğradığı sonucuna varılmıştır. Aynı durum  $b^*$  değeri için de görölmektedir. Değerler arası bazı korelasyonlar yakalansa da genel çerçevede t-test bulguları, iki yöntemin birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu sonucunu ortaya koymuştur. ( $p>0,05$ ).

Çalışmada renk analizi için kolorimetrik yöntemlere alternatif olarak sunulan görüntü işleme yöntemi, iyileştirilme ve geliştirmeler ile daha sık tercih edilebilir ve potansiyeli yüksek bir yöntem olarak görölmektedir. Görüntü işleme teknolojisinin meyve suyu endüstrisine entegrasyonu, üretim ve depolama sırasında meyve sularının kalite özelliklerinin izlenebilirliği açısından kullanıcıya birçok avantaj sağlamaktadır. Örneğin son yıllarda yapılan bir çalışmada, RGB görüntü analizi yoluyla hem rengi hem de çözünebilir madde içeriğini ölçen yeni bir ekipman araştırılmıştır (Ortiz vd., 2023b). Renk analizinin yanı sıra bileşen analizi, sınıflandırma, tağşiş tespiti, kusur analizi gibi birçok alanda kendine kullanım amacı bulan bu yöntemin, gelecek çalışmalar ile yüksek kaliteli ürün üretimine katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında; ultrases teknolojisi, düşük sıcaklıklarda işleme olanağı sağlaması ve vişne suyunda antosiyanin ve diğer fenolik bileşiklerin sıcaklık etkisiyle degradasyonunu minimize edilmesi açısından geleneksel termal pastörizasyona alternatif bir yöntem olarak sunulmuştur. Ancak, işlem sırasında ultrases dalgalarının akustik kaviteasyon etkisi sebebiyle reaktif radikallerin oluşma riski bulunmaktadır. Bu bağlamda ultrases teknolojinin su ve vişne suyu ortamında serbest radikal oluşturma etkisi iki farklı indikatör kullanılarak spektroskopik ve kromatografik olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca vişne suyunun kalite özelliklerinin maksimum korunumunun sağlandığı optimize ultrases koşulları belirlenerek hem ultrases hem de geleneksel termal pastörizasyon işlemi ile vişne suyu üretimi gerçekleştirilmiş, kalite özelliklerinin işleme bağlı değişikliklerinin incelenmesi sağlanmıştır. Kalite özellikleri kapsamında TMA, TFM, antioksidan aktivitesi, renk maddeleri gibi parametreler ele alınmış, renk analizinde kolorimetrik yöntemin yanı sıra görüntü işleme yönteminin alternatif olarak sunulması amaçlanmıştır.

- (i) İndikatör olarak seçilen ve güçlü antioksidan özellik gösteren glutatyonun sulu çözeltisine 13 mm ve 19 mm prob kullanılarak %60-80 genlik seviyelerinde 30 dakikaya kadar uygulanan ultrases prosesi incelendiğinde sonikasyon süresi arttıkça glutatyon oksidasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler ile 19 mm probun glutatyon oksidasyon potansiyelinin daha yüksek olduğu kanısına varılmış ve daha yüksek stres koşullarını temsil etmesi adına optimizasyon aşamasında 19 mm probun kullanımı uygun görülmüştür.
- (ii) Prob (19 mm) seçimi sonrası ultrases prosesi merkezi kompozit deneysel tasarımı kullanılarak vişne suyunun TMA ve TFM içeriklerini maksimum düzeyde koruyabilecek şekilde optimize edilmiş ve optimum proses koşulları %67 genlik ve 7 dakika olarak belirlenmiştir.
- (iii) Belirlenen optimum genlikte su ve vişne suyu ortamında tereftalik asit indikatörü kullanılarak ultrases kaynaklı oksidasyonun floresans spektroskopisi ile ölçümü sağlanmıştır. Tereftalik asit, okside olduğunda

floresans özellik göstermesi açısından florimetrik olarak ölçülerek oksidasyon süreçlerini tahminlemeyi mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda su ve vişne suyu örneklerinden 80 mM konsantrasyona sahip çözeltiler hazırlanarak optimum genlik (%67), 19 mm prob çapı ve 30 dakika süre boyunca ultrases işlemine alınmıştır. Belirli sürelerde toplanan numuneler floresans spektroskopisine aktararak zamana bağlı değişim incelenmiştir. Suda işlem süresi arttıkça floresans özelliğın arttığı tespit edilmiş fakat vişne suyu ortamında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Çalışmada ayrıca glutatyon ilaveli vişne suyunun ultrases işlemi sonrası floresans spektrumu da incelenmiş ve su ortamında olduğu gibi zamana bağlı bir değişiklik görülmemiştir. Vişne suyu içeriğinde çeşitli biyoaktif bileşen barındırması ve suya göre daha kompleks yapıya sahip olması açısından, oluşan serbest radikallerin tereftalik asit yerine bu bileşiklerle reaksiyona girmiş olabileceği kanısı floresans özellikte bir değişim olmamasını desteklemektedir. Glutatyon ilaveli vişne suyunda floresans yöntemin yanı sıra LC-MS yöntemi kullanılarak ultrasese dayalı glutatyon ve okside glutatyonun kromatografik tespiti amaçlanmış, kromatogram üzerinde glutatyon dedekte edilirken herhangi bir okside form yakalanmamıştır. Bu durum da vişne suyunda oksidasyonun glutatyon ve tereftalik asit indikatörlerinden ziyade diğer antioksidan özellikli biyoaktif bileşenlerle gerçekleştiği kanısı ile uyumludur.

- (iv) Çalışmada serbest radikal oluşumunun değerlendirilmesinin yanında ultrases (%67 genlik, 7 dakika, 19 mm prob) ve termal pastörizasyonun (90°C, 1 dakika) vişne suyundaki toplam antosiyanin içeriği, toplam fenolik bileşik içeriği, antioksidan aktivitesi, renk değerleri gibi kalite parametreleri üzerinde etkilerini araştırılmıştır. Ultrases işlemi toplam antosiyanin miktarını %1,03 arttırırken, termal pastörizasyonun %2,85 azalma meydana getirdiği görülmüştür. Toplam fenolik bileşik içeriğini ise ultrases işlemi %7,9 kayba uğrattırken termal pastörizasyonun işlemi sonucu bu değer %9,15 olarak kaydedilmiştir. Fenolik bileşik içeriğindeki azalma, termal pastörizasyonda sıcaklığın etkisi ile degradasyon kaynaklı, ultrases işleminde ise serbest radikallerle etkileşimin yarattığı yapısal değişiklikler kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Buna rağmen antioksidan aktivitesinde her iki işleme bağlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Ultrases

yönteminin toplam antosiyanin içeriğini kayba uğratmaması konusunda termal pastörizasyona kıyasla oldukça olumlu sonuçlar alınmıştır.

- (v) Çalışmada vişne uyunun renk özelliklerinin belirlenmesinde hem kolorimetrik yöntem hem de görüntü işleme yöntemi uygulanmıştır. Veriler incelendiğinde, L\* değerinde işleme bağlı bir değişim olmamakla birlikte a\* değerinin termal pastörizasyon ile azaldığı görülmüştür. Isıl işlemin vişne suyunda antosiyanin içeriğini olumsuz etkilemesine bağlı olarak kırmızılığın azaldığı sonucuna varılmıştır. Elde edilen renk değerleri iki yöntem kendi içinde kıyaslandığında uyumlu bir çıktı kazandırmıştır. Ancak yöntemler arası farklılık istatistiksel olarak önemli görülmüştür ( $p>0,05$ ). Bu durum, görüntü işleme yöntemi ile geliştirilen metodun umut vaat ettiğini, belirli iyileştirmeler ile uygulanabilirliğinin artırılabilirliğini ve hata payının minimize edilebileceğini bir öngörüsü olarak elde edilmiştir.

Genel perspektiften bakıldığında, meyve suyu endüstrisi için belirlenen optimum koşullarda gıda kalitesi bakımından iyileştirilmiş nitelikli ürün üretimini mümkün kılmaktadır. Ayrıca çalışmada renk analizi için alternatif sunulan ve etkili sonuçlar alınan görüntü işleme teknolojisi, kullanım alanlarının genişlemesiyle birlikte gün geçtikçe kalite kontrol ve gıda güvenliği açısından daha da önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Gıda endüstrisindeki uygulanabilirliği arttıkça daha sürdürülebilir, güvenli ve verimli gıda üretimi konusunda üreticilere önemli katkılar sağlayacaktır. Çalışmada incelenen bu alternatif teknolojiler, sağladığı avantajlar ile gıda endüstrisi için önem taşımakta olup meyve suyu endüstrisine katkı verebilecek niteliktedir.



## KAYNAKLAR

- Adnan, A., Mushtaq, M., & Islam, T. ul. (2018). Fruit Juice Concentrates. *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*, 217–240. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00012-6>
- Ağçam, E., Akyildiz, A., & Dündar, B. (2018). Thermal Pasteurization and Microbial Inactivation of Fruit Juices. In *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis* (pp. 309–339). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00017-5>
- Aghajanzadeh, S., & Ziaiiifar, A. M. (2021). Pasteurization of Juices with Non-Thermal Technologies. *Sustainable Food Processing and Engineering Challenges*, 25–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822714-5.00002-4>
- Alichina, B. (2014). Elma Suyu Üretiminde Kritik Kontrol Noktaları ve Tehlike Analizi.
- Alifakı, Y. Ö., & Barut Gök, S. (2024). Optimization of minimal thermal treatment conditions for sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice using ultrasound-ohmic combination treatment. *Journal of Food Safety*, 44(2). <https://doi.org/10.1111/JFS.13111>
- Alighourchi, H. R., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Abbasi, S. (2013). Effect of sonication on anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant capacity of pomegranate juices. In *International Food Research Journal* (Vol. 20, Issue 4).
- Amorati, R., & Valgimigli, L. (2015). Advantages and limitations of common testing methods for antioxidants. In *Free Radical Research* (Vol. 49, Issue 5, pp. 633–649). Informa Healthcare. <https://doi.org/10.3109/10715762.2014.996146>
- An, X., Hu, Y., Wang, N., Zhou, Z., & Liu, Z. (2019). Continuous juice concentration by integrating forward osmosis with membrane distillation using potassium sorbate preservative as a draw solute. *Journal of Membrane Science*, 573, 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.12.010>
- Ankaralıgil, P., & Hakküder Taze, B. (2022). Vurgulu Işık ile İşlenen Meyve ve Sebze Sularının Kalitesi. *Gıda*, 47(4), 663–678. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22029>
- Anonim. (2014). Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği (Tebliğ No:2014/34):
- Anonim. (2023, December). Bitkisel Üretim İstatistikleri, TÜİK.
- Anonim. (2024). Türkomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı.
- Arjeh, E., Barzegar, M., & Ali Sahari, M. (2015). Effects of gamma irradiation on physicochemical properties, antioxidant and microbial activities of sour cherry juice. *Radiation Physics and Chemistry*, 114, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.05.017>

- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410–427. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.05.004>
- Balkan, T., & Kara, K. (2020). Determination of Pesticide Residues in Sour Cherry used in the Sour Fruit Juice Production in Tokat provinces. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8, 106–110. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.106-110.3996>
- Barba, F. J., Roohinejad, S., Ishikawa, K., Leong, S. Y., El-Din A Bekhit, A., Saraiva, J. A., & Lebovka, N. (2020). Electron spin resonance as a tool to monitor the influence of novel processing technologies on food properties. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 77–87. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.032>
- Barbosa-Cánovas, G. V., Donsì, F., Yildiz, S., Candoğan, K., Pokhrel, P. R., & Guadarrama-Lezama, A. Y. (2021). Nonthermal Processing Technologies for Stabilization and Enhancement of Bioactive Compounds in Foods. *Food Engineering Reviews* 2021 14:1, 14(1), 63–99. <https://doi.org/10.1007/S12393-021-09295-8>
- Battin, E. E., & Brumaghim, J. L. (2009). Antioxidant activity of sulfur and selenium: A review of reactive oxygen species scavenging, glutathione peroxidase, and metal-binding antioxidant mechanisms. In *Cell Biochemistry and Biophysics* (Vol. 55, Issue 1, pp. 1–23). <https://doi.org/10.1007/s12013-009-9054-7>
- Bayindirli, A., Alpas, H., Bozoglu, F., & Hizal, M. (2006). Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices. *Food Control*, 17(1), 52–58. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2004.09.002>
- Bayram, H. M., & Öztürkcan, A. (2020). Antosiyanince Zengin Kiraz Grubu Meyvelerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerini İnceleyen Klinik Çalışmalara Bir Bakış. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11, 230–254. <https://doi.org/10.38079/igusabder.748640>
- Belibağlı, K. B., & Dalgic, A. C. (2007). Rheological properties of sour-cherry juice and concentrate. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(6), 773–776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01578.x>
- Beltrame, K. K., Gonçalves, T. R., Gomes, S. T. M., Matsushita, M., Rutledge, D. N., Marçó, P. H., & Valderrama, P. (2021a). Digital images and independent components analysis in the determination of bioactive compounds from grape juice. *LWT*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112308>
- Beltrame, K. K., Gonçalves, T. R., Gomes, S. T. M., Matsushita, M., Rutledge, D. N., Marçó, P. H., & Valderrama, P. (2021b). Digital images and independent components analysis in the determination of bioactive compounds from grape juice. *LWT*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112308>
- Benli Tüfekci, H., & Fenercioğlu, H. (2010). Türkiye’de Üretilen Bazı Ticari Meyve Sularının Kimyasal Özellikler Açısından Gıda Mevzuatına Uygunluğu.

- Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2011). Power Ultrasound to Process Dairy Products. *Food Engineering Series*, 445–465. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7472-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7472-3_16)
- Bevilacqua, A., Campaniello, D., Speranza, B., Altieri, C., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2019). Two nonthermal technologies for food safety and quality—ultrasound and high pressure homogenization: Effects on microorganisms, advances, and possibilities: A review. In *Journal of Food Protection* (Vol. 82, Issue 12, pp. 2049–2064). International Association for Food Protection. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-059>
- Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., & Dutta, S. (2019). Novel thermal and non-thermal processing of watermelon juice. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 93, pp. 234–243). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.015>
- Blando, F., & Oomah, B. D. (2019). Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 86, pp. 517–529). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>
- Bozhuyuk, M. R. (2022). Morphological and Biochemical Characterization of Wild Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) Germplasm. *Erwerbs-Obstbau*, 64(3), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00656-z>
- Can Karaca, A., Guzel, O., & Ak, M. M. (2016). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 449–455. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7110>
- Cásedas, G., Les, F., Gómez-Serranillos, M. P., Smith, C., & López, V. (2016). Bioactive and functional properties of sour cherry juice (*Prunus cerasus*). *Food and Function*, 7(11), 4675–4682. <https://doi.org/10.1039/c6fo01295g>
- ChemSpider: Search and Share Chemistry. (2024). Royal Society of Chemistry [Erişim Tarihi: 15.08.2024]. <https://www.chemspider.com/>
- Chen, B. Y., Zhang, Q. A., Zhang, B. S., Zhang, Y. F., & Li, E. C. (2021). Effects of ultrasound on the formation of oxidative pigments in a model red wine solution containing glutathione. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104092>
- Damar, I., & Ekşi, A. (2012). Antioxidant capacity and anthocyanin profile of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice. *Food Chemistry*, 135(4), 2910–2914. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.032>
- Demirdöven, A., Erceyes, E., & Erceyes, Ö. (2016). Vişne Suyu Konsantresi Antioksidanlarının Üretim ve Depolama Süresince Değişimleri. *Gıda*. <https://doi.org/10.15237/gida.gd15069>
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., & Stasiak, D. (2007). Applications of Ultrasound in Food Technology. *ACTA Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*, 6(3), 89–99.
- Dos Santos Benedetti, L. P., Dos Santos, V. B., Silva, T. A., Benedetti-Filho, E., Martins, V. L., & Fatibello-Filho, O. (2015). A digital image analysis method for quantification of sulfite in beverages. *Analytical Methods*, 7(18), 7568–7573. <https://doi.org/10.1039/c5ay01372k>

- Dubey, S. R., & Jalal, A. S. (2015). Application of Image Processing in Fruit and Vegetable Analysis: A Review. In *Journal of Intelligent Systems* (Vol. 24, Issue 4, pp. 405–424). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/jisys-2014-0079>
- Duru, S., Hayran Seyit, & Gül, A. (2022). Türkiye’de Sert Çekirdekli Meyvelerin Üretimi ve İhracatta Rekabet Gücünün Değerlendirilmesi. *Bahçe*, 51(1), 29–36. <https://doi.org/10.53471/bahce.1019023>
- Elez Garofulić, I., Zorić, Z., Pedisić, S., & Dragović-Uzelac, V. (2017). Retention of polyphenols in encapsulated sour cherry juice in dependence of drying temperature and wall material. *LWT*, 83, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.017>
- Engmann, F. N., Ma, Y., Tchabo, W., & Ma, H. (2015a). Ultrasonication Treatment Effect on Anthocyanins, Color, Microorganisms and Enzyme Inactivation of Mulberry (*Moraceae nigra*) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 854–862. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12296>
- Engmann, F. N., Ma, Y., Tchabo, W., & Ma, H. (2015b). Ultrasonication Treatment Effect on Anthocyanins, Color, Microorganisms and Enzyme Inactivation of Mulberry (*Moraceae nigra*) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 854–862. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12296>
- Eryilmaz, H. S. (2016). Valorization of Functional Protein from a Plant Based Food Waste: Sour Cherry Kernel, and its Physicochemical Characteristics [Master Thesis]. Institute of Natural Sciences.
- Fang, X., Mark, G., & Von Sonntag, C. (1996). OH radical formation by ultrasound in aqueous solutions Part I: the chemistry underlying the terephthalate dosimeter. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3(1), 57–63. [https://doi.org/10.1016/1350-4177\(95\)00032-1](https://doi.org/10.1016/1350-4177(95)00032-1)
- Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2023). Ultrasound applications in drying of fruits from a sustainable development goals perspective. *Ultrasonics Sonochemistry*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106430>
- Fernández-Vázquez, R., Stinco, C. M., Hernanz, D., Heredia, F. J., & Vicario, I. M. (2014). Digital Image Analysis and Visual Evaluation of Orange Juice: Influence of Different Measurements’ Conditions. *Food Analytical Methods*, 7(1), 157–164. <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9613-9>
- Ferrario, M., Alzamora, S. M., & Guerrero, S. (2015a). Study of the inactivation of spoilage microorganisms in apple juice by pulsed light and ultrasound. *Food Microbiology*, 46, 635–642. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.06.017>
- Ferrario, M., Alzamora, S. M., & Guerrero, S. (2015b). Study of the inactivation of spoilage microorganisms in apple juice by pulsed light and ultrasound. *Food Microbiology*, 46, 635–642. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.06.017>
- Fuleki, T., & Francis, F. J. (1968). Quantitative Methods for Anthocyanins. *Journal of Food Science*, 33(1), 72–77. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1968.TB00887.X>

- Gallo, M., Ferrara, L., & Naviglio, D. (2018). Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. In *Foods* (Vol. 7, Issue 10). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>
- Gaucher, C., Boudier, A., Bonetti, J., Clarot, I., Leroy, P., & Parent, M. (2018). Glutathione: Antioxidant properties dedicated to nanotechnologies. In *Antioxidants* (Vol. 7, Issue 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox7050062>
- Ginesu, G., Giusto, D. D., Märgner, V., & Meinlschmidt, P. (2004). Detection of foreign bodies in food by thermal image processing. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 51(2), 480–490. <https://doi.org/10.1109/TIE.2004.825286>
- Głowacka, A., Rozpara, E., Zbieta, & Hallmann, E. (2020). The Dynamic of Polyphenols Concentrations in Organic and Conventional Sour Cherry Fruits: Results of a 4-Year Field Study. *Molecules*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163729>
- Hayıt, T., Erbay, H., & Hayıt, F. (2018). Gıda Sektöründe Uygulanan Görüntü İşleme Çalışmalarının ve Tekniklerinin İncelenmesi. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 14(1), 12–22. <https://dergipark.org.tr/en/pub/else/issue/38882/424360>
- Hevesi, M., Blázovics, A., Kállay, E., Végh, A., Stéger-Máté, M., Ficzek, G., & Tóth, M. (2012). Biological Activity of Sour Cherry Fruit on the Bacterial Flora of Human Saliva in vitro. Sour Cherry Activity on Bacterial Flora in Human Saliva, *Food Technol. Biotechnol.*, 50(1), 117–122.
- Hooshyar, L., Hesari, J., & Azadmard-Damirchi, S. (2020). Investigation of selected thermal and non-thermal preservative techniques to produce high quality and safe to drink sour cherry, red grape and pomegranate juices. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1689–1697. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04202-w>
- Hoque, M., Talukdar, S., Roy, K. R., Hossain, M. A., & Zzaman, W. (2024a). Sonication and thermal treatment of pineapple juice: Comparative assessment of the physicochemical properties, antioxidant activities and microbial inactivation. *Food Science and Technology International*, 30(1), 37–48. <https://doi.org/10.1177/10820132221127504>
- Hoque, M., Talukdar, S., Roy, K. R., Hossain, M. A., & Zzaman, W. (2024b). Sonication and thermal treatment of pineapple juice: Comparative assessment of the physicochemical properties, antioxidant activities and microbial inactivation. *Food Science and Technology International*, 30(1), 37–48. <https://doi.org/10.1177/10820132221127504>
- Hosseini, S. M., Hosseinzadeh Samani, B., Rostami, S., & Lorigooini, Z. (2021). Design and characterisation of jet cold atmospheric pressure plasma and its effect on *Escherichia coli*, colour, pH, and bioactive compounds of sour cherry juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 4883–4892. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15220>

- Hu, Y., Zhang, Z., & Yang, C. (2008). Measurement of hydroxyl radical production in ultrasonic aqueous solutions by a novel chemiluminescence method. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(5), 665–672. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2008.01.001>
- Ishibashi, K.-I., Fujishima, A., Watanabe, T., & Hashimoto, K. (2000). Detection of active oxidative species in TiO<sub>2</sub> photocatalysis using the fluorescence technique. *Electrochemistry Communications*, 2, 207–210.
- Jumlah, P., Fenolik, K., Antioksidan, A., Buah-Buahan Segar, J., Buah-Buahan Komersial, J., Buah-Buahan, M., Khaw, ), Wern, H., Haron, H., & Keng, C. B. (2016). Comparison of Total Phenolic Contents (TPC) and Antioxidant Activities of Fresh Fruit Juices, Commercial 100% Fruit Juices and Fruit Drinks. *Sains Malaysiana*, 45(9), 1319–1327.
- Kalsi, B. S., Singh, S., & Alam, M. S. (2023). Influence of ultrasound processing on the quality of guava juice. *Journal of Food Process Engineering*, 46(6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14163>
- Kazazic, M., Mehic, E., & Djapo-Lavic. (n.d.). Phenolic content and bioactivity of two sour cherry cultivars and their products. <https://doi.org/10.35666/2232-7266.2021.58.01>
- Kentish, S., & Feng, H. (2014). Applications of power ultrasound in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5(1), 263–284. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182537>
- Kidak, R., & Ince, N. H. (2007). Catalysis of advanced oxidation reactions by ultrasound: A case study with phenol. *Journal of Hazardous Materials*, 146(3), 630–635. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.04.106>
- Liu, D., Sun, D. W., & Zeng, X. A. (2014). Recent advances in wavelength selection techniques for hyperspectral image processing in the food industry. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 7, Issue 2, pp. 307–323). Springer Science and Business Media, LLC. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1193-6>
- Llupa, J., Gašić, U., Brčeski, I., Demertzis, P., Tešević, V., & Topi, D. (2022). LC-MS/MS Characterization of Phenolic Compounds in the Quince (*Cydonia Oblonga* Mill.) and Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.) Fruit Juices. *Agriculture and Forestry*, 68(2), 193–205. <https://doi.org/10.17707/AgricForest.68.2.14>
- Lukić, K., Brnčić, M., Ćurko, N., Tomašević, M., Jurinjak Tušek, A., & Kovačević Ganić, K. (2020). Quality characteristics of white wine: The short- and long-term impact of high power ultrasound processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105194>
- Masouleh, G. A. M., Moslemi, M., & Nateghi, L. (2022). Comparison of Microbial Loads and Bioactive Compounds of the Grape Juice Samples Treated by Ultrasonication and Thermal Pasteurization. *Applied Food Biotechnology*, 9(3), 217–225. <https://doi.org/10.22037/afb.v9i3.37919>
- Norouzi, S., Fadavi, A., & Darvishi, H. (2021). The ohmic and conventional heating methods in concentration of sour cherry juice: Quality and engineering factors. *Journal of Food Engineering*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110242>

- Ojha, K. S., Mason, T. J., O'Donnell, C. P., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2017). Ultrasound technology for food fermentation applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 410–417. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2016.06.001>
- Ortiz, R. W. P., de Oliveira, A. V. B., Venancio, F., Cardoso, G. S. A., Gonçalves, V. O. O., Cajaiba, J., & Kartnaller, V. (2023a). Novel apparatus for monitoring simultaneously color and °Brix of selected fruit juices through RGB image analysis. *Journal of Food Process Engineering*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14334>
- Ortiz, R. W. P., de Oliveira, A. V. B., Venancio, F., Cardoso, G. S. A., Gonçalves, V. O. O., Cajaiba, J., & Kartnaller, V. (2023b). Novel apparatus for monitoring simultaneously color and °Brix of selected fruit juices through RGB image analysis. *Journal of Food Process Engineering*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14334>
- Özen, M., Özdemir, N., Ertekin Filiz, B., Budak, N. H., & Kök-Taş, T. (2020). Sour cherry (*Prunus cerasus* L.) vinegars produced from fresh fruit or juice concentrate: Bioactive compounds, volatile aroma compounds and antioxidant capacities. *Food Chemistry*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125664>
- Patino, M. (2017). Evaluation of Forward Osmosis and Thermal Concentration for Quality Retention of Cherry Juice and Concentrate [Master Thesis]. Cornell University.
- Pedisić, S., Levaj, B., Dragović-Uzelac, V., Škevin, D., & Babojelić, M. S. (2009). *Agriculturae Conspectus Scientificus*. In *Agriculturae Conspectus Scientificus* (Vol. 74, Issue 3).
- Perjéssy, J., Hegyi, F., Nagy-Gasztonyi, M., & Zalán, Z. (2022). Effect of the lactic acid fermentation by probiotic strains on the sour cherry juice and its bioactive compounds. *Food Science and Technology International*, 28(5), 408–420. <https://doi.org/10.1177/10820132211018044>
- Picart-Palmade, L., Cunault, C., Chevalier-Lucia, D., Belleville, M. P., & Marchesseau, S. (2019). Potentialities and limits of some non-thermal technologies to improve sustainability of food processing. *Frontiers in Nutrition*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00130>
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G., & Taoukis, P. S. (2005). Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.10.004>
- Rahman, M. M., & Lamsal, B. P. (2021). Ultrasound-assisted extraction and modification of plant-based proteins: Impact on physicochemical, functional, and nutritional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1457–1480. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12709>
- Ranjbarardestani, M. (2016). Determining the ripeness of fruit juices based on image processing technology and neural network classification. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 5(3), 846–850. [www.european-science.com](http://www.european-science.com)

- Repajić, M., Puškar, B., Dugalić, K., Vahčić, N., Srećec, S., Dragović-Uzelac, V., Jurković, Z., & Levaj, B. (2019). Quality and Sensory Study of Fresh Sour Cherry Juices Upon Cultivar, Growing Area and Weather Conditions. *Journal of Food Science*, 84(11), 3264–3274. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14822>
- Režek Jambrak, A., Ojha, S., Šeremet, D., Nutrizio, M., Maltar-Strmečki, N., Valić, S., Gajdoš Kljusurić, J., & Tiwari, B. (2021). Free radical detection in water after processing by means of high voltage electrical discharges and high power ultrasound. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15176>
- Režek Jambrak, A., Šimunek, M., Evačić, S., Markov, K., Smoljanić, G., & Frece, J. (2018). Influence of high power ultrasound on selected moulds, yeasts and *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple, cranberry and blueberry juice and nectar. *Ultrasonics*, 83, 3–17. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.02.011>
- Ribárszki, Á., Székely, D., Szabó-Nótin, B., & Máté, M. (2022). Changes in colour parameters and anthocyanin content of aseptically filled sour cherry juice during storage. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 18(1), 61–76. <https://doi.org/10.1556/446.2022.00047>
- Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., & Agulheiro-Santos, A. C. (2023). Methods for quality evaluation of sweet cherry. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 103, Issue 2, pp. 463–478). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12144>
- Riesz, P., Kondo, T., & Mural, C. (n.d.). Free Radical Formation by Ultrasound in Aqueous Solutions. A Spin Trapping Study (Vol. 10, Issue 2).
- Samani, B. H., Khoshtaghaza, M. H., Minaee, S., & Abbasi, S. (2015). Modeling the Simultaneous Effects of Microwave and Ultrasound Treatments on Sour Cherry Juice Using Response Surface Methodology. In *J. Agr. Sci. Tech* (Vol. 17).
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, D. S., & Somasundram, C. (2015). Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Food and Bioprocess Processing*, 94, 313–321. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.03.011>
- Saran, M., & Summer, K. H. (1999). Assaying for hydroxyl radicals: Hydroxylated terephthalate is a superior fluorescence marker than hydroxylated benzoate. *Free Radical Research*, 31(5), 429–436. <https://doi.org/10.1080/10715769900300991>
- Sardar, H. (2014). Fruit Quality Estimation by Color for Grading. *International Journal of Modeling and Optimization*, 4(1), 38–42. <https://doi.org/10.7763/ijmo.2014.v4.344>
- Sazgarnia, A., & Shanei, A. (2012). Evaluation of acoustic cavitation in terephthalic acid solutions containing gold nanoparticles by the spectrofluorometry method. *International Journal of Photoenergy*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/376047>

- Su, W. H., & Sun, D. W. (2018). Multispectral Imaging for Plant Food Quality Analysis and Visualization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 220–239. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12317>
- Tiwari, B. K., & Mason, T. J. (2012). Ultrasound Processing of Fluid Foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, 135–165. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381470-8.00006-2>
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P., & Cullen, P. J. (2008a). Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2423–2428. <https://doi.org/10.1021/jf073503y>
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P., & Cullen, P. J. (2008b). Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2423–2428. <https://doi.org/10.1021/jf073503y>
- Toydemir, G., Capanoglu, E., Gomez Roldan, M. V., De Vos, R. C. H., Boyacioglu, D., Hall, R. D., & Beekwilder, J. (2013). Industrial processing effects on phenolic compounds in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) fruit. *Food Research International*, 53(1), 218–225. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2013.04.009>
- Tsakanikas, P., Pavlidis, D., & Nychas, G. J. (2015). High throughput multispectral image processing with applications in food science. *PLoS ONE*, 10(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140122>
- Türken, T., & Erge, H. S. (2017). Effect of ultrasound on some chemical and microbiological properties of sour cherry juice by response surface methodology. *Food Science and Technology International*, 23(6), 540–549. <https://doi.org/10.1177/1082013217708077>
- Vadivambal, R., & Jayas, D. S. (2011). Applications of Thermal Imaging in Agriculture and Food Industry-A Review. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 4, Issue 2, pp. 186–199). <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0333-5>
- Velioğlu, S. (1994). The effect of temperature on the color and turbidity stability of sour cherry juice and concentrate. *Gıda*, 19(1), 11–15.
- Velioğlu ve Yildiz. (1996). Türk Vişne Sularının Kimyasal Bileşimi. *Gıda*, 21(2), 103–107.
- Wu, T. Y. , G. N. , T. C. Y. , & H. J. X. W. (2012). Advances in ultrasound technology for environmental remediation. . Springer Science & Business Media.
- Yildiz, S., Pokhrel, P. R., Unluturk, S., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2021). Shelf life extension of strawberry juice by equivalent ultrasound, high pressure, and pulsed electric fields processes. *Food Research International*, 140, 110040. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.110040>
- Yıldız, D., Gürel, D. B., Çağındı, Ö., & Kayaardı, S. (2022). Heat treatment and microwave applications on homemade sour cherry juice: The effect on anthocyanin content and some physicochemical properties. *Current Plant Biology*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100242>

- Yılmaz, F. M., Görgüç, A., Karaaslan, M., Vardin, H., Ersus Bilek, S., Uygun, Ö., & Bircan, C. (2019). Sour Cherry By-products: Compositions, Functional Properties and Recovery Potentials—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3549–3563. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496901>
- Zhang, Q. A., Shen, Y., Fan, X. H., García Martín, J. F., Wang, X., & Song, Y. (2015). Free radical generation induced by ultrasound in red wine and model wine: An EPR spin-trapping study. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 96–101. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2015.05.003>
- Zhou, R., Damerow, L., Sun, Y., & Blanke, M. M. (2012). Using colour features of cv. “Gala” apple fruits in an orchard in image processing to predict yield. *Precision Agriculture*, 13(5), 568–580. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9269-2>

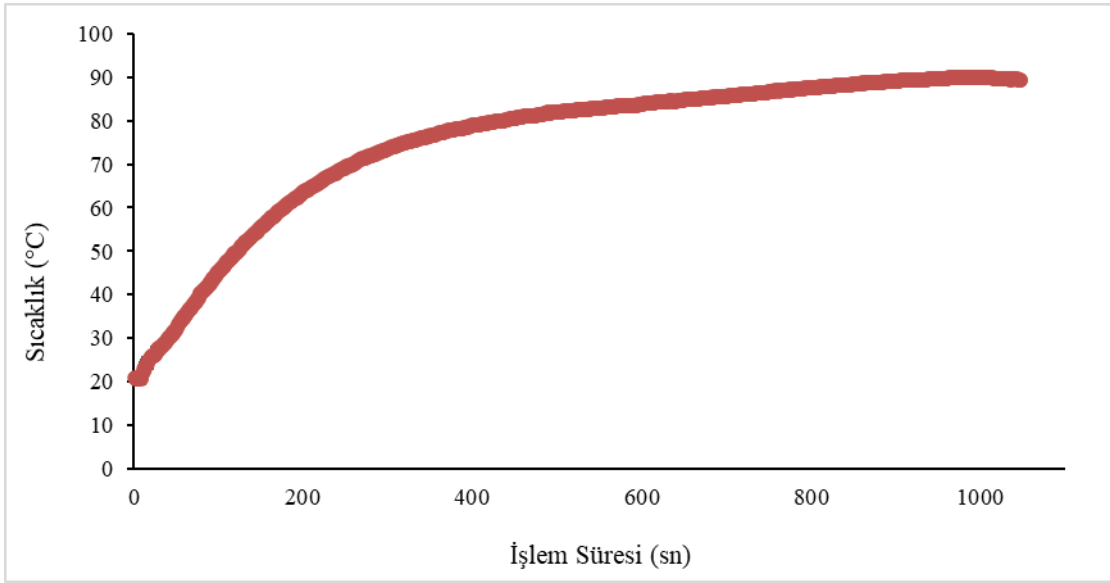


## **EKLER**

**EK A.** Vişne suyunda geleneksel termal pastörizasyon işlemi boyunca ölçülen sıcaklık değişimi.



## EK A



Vişne suyunda geleneksel termal pastörizasyon işlemi boyunca ölçülen sıcaklık değişimi.

## ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Nursena AKTI

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2024, Sakarya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2021 yılında UNIFO Gıda ve Savunma San. Tic. A.Ş.'de Gıda Kalite Kontrol Sorumlusu olarak çalıştı.
- 2024 yılından itibaren Zorlu Patisserie'de Kalite Uzmanı olarak çalışmaya devam etmektedir.

### TEZDEN ÜRETİLEN ESERLER VE DİĞER ESERLER:

#### Bildiri:

- Monitoring ultrasound-induced quality changes in sour cherry juice by incorporating image processing assistance. 5th International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2024), 195pp, Haziran 26-28, 2024, Online. [www.EurasianSciEnTech.org](http://www.EurasianSciEnTech.org)

#### Makaleler:

- Exploring ultrasound-induced changes on bioactive content and color properties of sour cherry juice involving insights from image processing analysis. Journal of Food Process Enginerring (değerlendirme aşamasında).
- Estimation of ultrasound-induced free radical formation in water and sour cherry juice model systems (hazırlık aşamasında).
- An Overview on Fundamentals, Recent Advances and Applications of Image Processing for Quality Assessment of Fruits, Vegetables and Juices (hazırlık aşamasında).