

**T.C.**  
**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**VIŞNE SULARINA KONTAMİNE OLAN**  
**MİKROORGANİZMALARIN İNAKTİVASYONU VE**  
**PESTİSİT DEKOMPOZİSYONUNDA ALTERNATİF**  
**TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EDA KESKİN**

**BOLU, KASIM - 2015**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Eda KESKİN tarafından hazırlanan “VIŞNE SULARINA KONTAMİNE OLAN MİKROORGANİZMALARIN İNAKTİVASYONU VE PESTİSİT DEKOMPOZİSYONUNDA ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI” adlı tez çalışması 30.11.2015 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Danışman

Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK

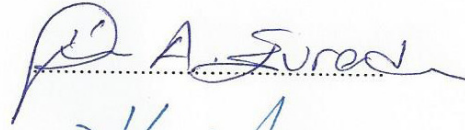
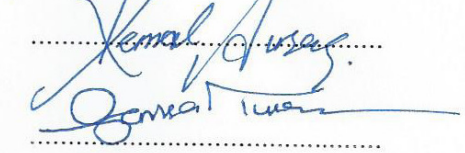
Üye

Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR

Üye

Doç. Dr. Semra TURAN

### İmza

  
.....  
  
.....  
  
.....

  
.....

Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

**VIŞNE SULARINA KONTAMİNE OLAN MİKROORGANİZMALARIN  
İNAKTİVASYONU VE PESTİSİT DEKOMPOZİSYONUNDA  
ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
EDA KESKİN  
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)**

**BOLU, KASIM - 2015**

Araştırma kapsamında vişne suyunun atımlı elektrik alan teknolojisi (PEF) (PEF1; 24.7 kV/cm elektrik alan şiddeti ve 655 µs uygulama süresi ve PEF2; 24.7 kV/cm elektrik alan şiddeti ve 327 µs uygulama süresi), ultrasonikasyon (US) (1200 W, 35 kHz, 3 dak) ve ozon (O<sub>3</sub>) (20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak) proseslerinin ayrı ayrı ve bu teknolojilerin farklı kombinasyonlarının (PEF1, PEF2, O, US, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+US, PEF2+US, PEF1+O+US, PEF2+O+US) vişne suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi, inoküle edilmiş olan dört farklı mikroorganizmaların inaktivasyonu ve beş farklı pestisit dekompozisyonuna olan etkileri incelenmiştir. Uygulanan proseslerin dozuna ve süresine bağlı olarak (PEF+O, PEF+US, PEF+O+US) vişne suyunun pH, titrasyon asitliği, °Briks, kondaktivite, renk (L\*, a\* ve b\*), hue, kroma, toplam renk değişimi, toplam antioksidan kapasite, toplam fenolik madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, bulanıklık ve toplam askorbik asit miktarında farklı oranlarda değişim gözlenmiştir. Proses uygulanan vişne suyu örneklerinin duyusal analiz sonuçlarına göre atımlı elektrik alanı ve ultrasonikasyon teknolojisinin vişne suyu kalite özellikleri üzerine bir değişim gözlenmezken; ozon uygulaması bazı özelliklerinde istenmeyen etkiye sebep olmuştur. Genel olarak uygulama süresi ve dozu arttıkça vişne suyunun ölçülen bazı özelliklerinde önemli miktarda değişim gözlenmiştir. Buna karşın, vişne suyuna inoküle edilen *Escherichia coli* O157:H7, *Pseudomonas syringae* subs. *syringae*, *Penicillium expansum* ve *Bacillus cereus* kültürlerinde ve yine vişne suyuna kontamine edilen chlorpyrifos ethyl, cyprodinil, pyraclostrobin, malathion ve tau-fluvalinate pestisitlerinde önemli miktarda azalma meydana gelmiştir. Pestisit dekompozisyonunda ozon ve ozon uygulamalarının yer aldığı kombine uygulamaların, mikrobiyel inaktivasyonda ise PEF ve PEF'in yer aldığı kombine uygulamaların daha etkin olduğu görülmüştür. Bu nedenle, hem mikrobiyel inaktivasyon hemde pestisit dekompozisyonunun hedeflendiği ürünlerde PEF ve ozon uygulamalarının kullanımının vişne sularının kalite ve güvenliği açısından başarılı bir şekilde uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan alternatif teknolojilerin tüketici tarafından tercih edilen meyve sularının yanı sıra sebze sularının pastörizasyon potansiyelinin de araştırılması yararlı olacaktır.

**ANAHTAR KELİMELE:** Vişne suyu, Pestisit, Atımlı Elektrik Alan Teknolojisi (PEF), Ozon, Ultrasonikasyon.

## ABSTRACT

### USE OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR THE INACTIVATION OF CONTAMINATED MICROORGANISMS AND DECOMPOSITION OF PESTICIDES IN SOUR CHERRY JUICE

MSC THESIS

EDA KESKİN

ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)

BOLU, NOVEMBER 2015

Effects of pulsed electric fields (PEF) (PEF1; 24.7kV/cm electric field strength and 655  $\mu$ s treatment time and PEF2; 24.7 kV/cm electric field strength and 327  $\mu$ s treatment time), ultrasonication (US) (1200 W, 35 kHz, 3 min) and ozone (O<sub>3</sub>) (20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 min) alone as well as in different combinations (PEF1, PEF2, O, US, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+US, PEF2+US, PEF1+O+US, PEF2+O+US) on physical and chemical properties of sour cherry juice, inactivation of four different microorganisms inoculated and decomposition of five different pesticides contaminated were implemented in this research. Depending on the dose and the treatment time (PEF+O, PEF+US, PEF+O+US) different amount of changes were detected on pH, titratable acidity, °Brix, conductivity, color (L\*, a\*, b\*), hue, chroma, total color difference, total antioxidant capacity, total phenolic content, total monomeric antocyanin content, turbidity and total ascorbic acid content of the sour cherry juice samples. Results from sensory analysis showed that there were no significant changes on the quality properties of sour cherry juice when pulsed electric fields or ultrasonication processes were used. On the other hand ozone application can be caused unwanted effect in some properties. Significant amount of changes on measured attributes of sour cherry juice were observed with both increased dose and treatment time. On the other hand, significant amount of reduction both on *Escherichia coli* O157:H7, *Pseudomonas syringae* subs. *syringae*, *Penicillium expansum* and *Bacillus cereus* and chlorpyrifos-ethyl, cyprodinil, pyraclostrobin, malathion and tau-fluvalinate pesticides contaminated on sour cherry juice were occurred. While ozone alone and in combination with other processes were effective in pesticide decomposition; PEF alone and in combination with other processes were effective on microbial inactivation. Therefore, it was concluded that ozone and PEF can successfully be applied on the products that both microbial inactivation and pesticide decomposition were targeted. It is suggested that future studies will focus on the determination of the potential of the alternative technologies used in this research on pasteurization of fruit as well as vegetable juices preferred by consumers.

**KEYWORDS:** Sour cherry juice, Pesticide, Pulsed Electric Fields Technologies (PEF), Ozone, Ultrasonication.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|                                                                               |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                     | v    |
| ABSTRACT .....                                                                | vi   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                             | vii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                            | x    |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                          | xii  |
| KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ .....                                           | xiii |
| TEŞEKKÜR .....                                                                | xiv  |
| 1. GİRİŞ.....                                                                 | 1    |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI .....                              | 3    |
| 2.1 Pestisitler .....                                                         | 3    |
| 2.1.1 Pestisit Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları .....                   | 5    |
| 2.1.2 Pestisit Kalıntıları ve Sorunları .....                                 | 6    |
| 2.2 Mikroorganizmalar .....                                                   | 10   |
| 2.3 Kullanılan Alternatif Teknolojiler .....                                  | 12   |
| 2.3.1 Ultrasonikasyon .....                                                   | 12   |
| 2.3.1.1 Ultrasonikasyonun Gıdalardaki Uygulamaları .....                      | 15   |
| 2.3.1.2 Ultrasonikasyon ile Mikrobiyel İnaktivasyonu .....                    | 16   |
| 2.3.2 Atımlı Elektrik Alanı (Pulsed Electric Fields, PEF) .....               | 18   |
| 2.3.2.1 PEF ile Mikroorganizmaların İnaktivasyonu .....                       | 20   |
| 2.3.3 Ozon .....                                                              | 24   |
| 2.3.3.1 Ozon Üretimi .....                                                    | 27   |
| 2.3.3.2 Ozonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması .....                      | 29   |
| 2.4 Atımlı Elektrik Alanı, Ozon ve Ultrasonikasyonla Yapılan Çalışmalar ..... | 30   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                   | 39   |
| 3.1 Materyal .....                                                            | 39   |
| 3.1.1 Vişne Suyu .....                                                        | 39   |
| 3.1.2 Bakteri ve Fungus Kültürleri .....                                      | 39   |
| 3.1.3 Pestisitler .....                                                       | 39   |
| 3.1.4 Atımlı Elektrik Alan Jeneratörü .....                                   | 40   |
| 3.1.5 Ultrasonikasyon Cihazı .....                                            | 42   |
| 3.1.6 Ozon Jeneratörü .....                                                   | 42   |
| 3.2 Yöntem .....                                                              | 43   |
| 3.2.1 Pestisit Analizi .....                                                  | 43   |
| 3.2.1.1 Pestisit Standartlarının Hazırlanarak Vişne Suyuna İnokülasyonu ..... | 43   |
| 3.2.1.2 Numunelerin Hazırlanması .....                                        | 43   |
| 3.2.1.3 LC-MS/MS ile Analiz .....                                             | 44   |
| 3.2.2 Mikrobiyel Analiz .....                                                 | 45   |
| 3.2.2.1 Mikroorganizmaların Hazırlanarak Vişne Suyuna İnokülasyonu .....      | 45   |
| 3.2.3 Vişne Suyuna Alternatif Teknolojilerin Uygulanması .....                | 45   |

|                                                                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.3.1 Vişne Suyuna Atımlı Elektrik Alan (PEF) Uygulanması.....                                                                                                              | 45         |
| 3.2.3.2 Vişne Suyuna Ozon Uygulanması.....                                                                                                                                    | 45         |
| 3.2.3.3 Vişne Suyuna Ultrasonikasyon Uygulanması .....                                                                                                                        | 46         |
| 3.2.4 Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....                                                                                                                                     | 47         |
| 3.2.4.1 Asitlik .....                                                                                                                                                         | 47         |
| 3.2.4.2 Suda Çözünen Toplam Kuru Madde .....                                                                                                                                  | 47         |
| 3.2.4.3 Titrasyon Asitliği.....                                                                                                                                               | 48         |
| 3.2.4.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü .....                                                                                                                                | 48         |
| 3.2.4.5 Renk Ölçümü.....                                                                                                                                                      | 48         |
| 3.2.4.6 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini .....                                                                                                                              | 49         |
| 3.2.4.7 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....                                                                                                                              | 49         |
| 3.2.4.8 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini.....                                                                                                                      | 51         |
| 3.2.4.9 Askorbik Asit (C Vitamini) Tayini .....                                                                                                                               | 52         |
| 3.2.4.10 Bulanıklık Analizi .....                                                                                                                                             | 53         |
| 3.2.4.11 Duyusal Analiz.....                                                                                                                                                  | 53         |
| 3.2.5 Verilerin İstatistiksel Analizi .....                                                                                                                                   | 54         |
| <b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>                                                                                                                                          | <b>55</b>  |
| 4.1 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların<br>Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Fiziksel ve Kimyasal<br>Özellikleri Üzerine Etkisi..... | 55         |
| 4.2 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların<br>Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyundaki Pestisit<br>Dekompozisyonu Üzerine Etkisi .....       | 71         |
| 4.3 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların<br>Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Mikrobiyel Özellikleri<br>Üzerine Etkisi.....           | 77         |
| 4.4 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrason Uygulamaları ve Bunların<br>Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Duyusal Özellikleri<br>Üzerine Etkisi.....                     | 81         |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                                                                                                                              | <b>85</b>  |
| <b>6. KAYNAKLAR.....</b>                                                                                                                                                      | <b>88</b>  |
| <b>7. EKLER.....</b>                                                                                                                                                          | <b>108</b> |
| EK A.1 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun pH Değerleri<br>Üzerine Etkisi .....                                                                                   | 108        |
| EK A.2 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Suda Çözünen<br>Toplam Kuru Madde Değerleri Üzerine Etkisi.....                                                        | 109        |
| EK A.3 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Titrasyon<br>Asitliği (%) Değerleri Üzerine Etkisi .....                                                               | 110        |
| EK A.4 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Kondaktivite<br>Değerleri Üzerine Etkisi .....                                                                         | 111        |
| EK A.5 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun L*, a* ve b*<br>Değerleri Üzerine Etkisi .....                                                                         | 112        |
| EK A.6 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Renk<br>Değişimi ( $\Delta E$ ) Değerleri Üzerine Etkisi.....                                                   | 113        |
| EK A.7 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Kroma (C*)<br>Değerleri Üzerine Etkisi .....                                                                           | 114        |
| EK A.8 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Hue (h°)<br>Değerleri Üzerine Etkisi .....                                                                             | 115        |

|                                                                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| EK A.9 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Antioksidan Kapasitesi (%) Değerleri Üzerine Etkisi .....        | 116        |
| EK A.10 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Fenolik Madde (mg/mL) Miktarları Üzerine Etkisi.....            | 117        |
| EK A.11 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/100mL) Miktarları Üzerine Etkisi..... | 118        |
| Ek A.12 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Askorbik Asit (%) Miktarları Üzerine Etkisi .....               | 119        |
| EK A.13 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Bulanıklılık Miktarları Üzerine Etkisi.....                            | 120        |
| EK A.14 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Cyprodinil Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi .....                       | 121        |
| EK A.15 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Malathion Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi .....                        | 122        |
| EK A.16 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Tau-Fluvalinate Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi .....                  | 123        |
| EK A.17 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Chlorpyrifos Ethyl Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi .....               | 124        |
| EK A.18 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Pyraclostrobin Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi .....                   | 125        |
| Ek A.19 Duyusal Analiz Değerlendirme Formu .....                                                                               | 126        |
| <b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                                                                        | <b>127</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|            |                                                                                                                                                                                     |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. | Laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF sistemi şematik diyagramı .....                                                                                                                      | 19 |
| Şekil 2.2. | Eş zamanlı akış sağlayan sürekli uygulama odacıkları .....                                                                                                                          | 20 |
| Şekil 2.3. | Geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz yıkım teorisinin şematik<br>diagramı .....                                                                                                        | 23 |
| Şekil 2.4. | Hücre zarı elektroporasyonu. ....                                                                                                                                                   | 24 |
| Şekil 2.5. | Ozon molekülünün rezonans yapıları.....                                                                                                                                             | 26 |
| Şekil 2.6. | Corona deşarj ozon jeneratörünün şematik diyagramı.....                                                                                                                             | 28 |
| Şekil 3.1. | Laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF sistemi.....                                                                                                                                         | 41 |
| Şekil 3.2. | Çift kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik atım dalgasının<br>osiloskop görüntüsü.....                                                                                           | 41 |
| Şekil 3.3. | Ultrasonikasyon cihazı .....                                                                                                                                                        | 42 |
| Şekil 3.4. | Ozon jeneratörü .....                                                                                                                                                               | 42 |
| Şekil 3.5. | Proses uygulanmış vişne suyu örnekleri .....                                                                                                                                        | 46 |
| Şekil 3.6. | Gallik asit kalibrasyon eğrisi.....                                                                                                                                                 | 50 |
| Şekil 3.7. | Duyusal değerlendirme .....                                                                                                                                                         | 54 |
| Şekil 4.1. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu pH<br>değeri üzerine etkisi. ....                          | 55 |
| Şekil 4.2. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu °Briks<br>üzerine etkisi. ....                             | 56 |
| Şekil 4.3. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu titrasyon<br>asitliği (%) üzerine etkisi.....              | 58 |
| Şekil 4.4. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu<br>kondaktivite değeri üzerine etkisi. ....                | 59 |
| Şekil 4.5. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu L*, a*<br>ve b* değerleri üzerine etkisi. ....             | 61 |
| Şekil 4.6. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam<br>renk değişimi ( $\Delta E$ ) üzerine etkisi..... | 62 |
| Şekil 4.7. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu kroma<br>(C*) değeri üzerine etkisi. ....                  | 63 |
| Şekil 4.8. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu hue (h°)<br>değeri üzerine etkisi. ....                    | 64 |
| Şekil 4.9. | Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve<br>bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam<br>antioksidan kapasitesi (%) üzerine etkisi. ....  | 66 |



|                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.10.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam fenolik madde içeriği (mg/mL) üzerine etkisi.....             | 67 |
| <b>Şekil 4.11.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/100 mL) üzerine etkisi..... | 68 |
| <b>Şekil 4.12.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının askorbik asit miktarı (%) üzerine etkisi. ....                                  | 70 |
| <b>Şekil 4.13.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının bulanıklılık miktarı üzerine etkisi. ....                                       | 71 |
| <b>Şekil 4.14.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının cyprodinil pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.....                            | 72 |
| <b>Şekil 4.15.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının malathion pestisitinin dekompozisyonuna etkisi. ....                                         | 73 |
| <b>Şekil 4.16.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının tau-fluvalinate pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.....                       | 74 |
| <b>Şekil 4.17.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının chlorpyrifos ethyl pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.....                    | 75 |
| <b>Şekil 4.18.</b> Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının pyraclostrobin pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.....                        | 76 |
| <b>Şekil 4.19.</b> Atımlı elektrik alanı, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun duyuşal kalite özellikleri üzerine etkisi.....                   | 83 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1.</b> Saf ozonun temel fiziksel özellikleri .....                                                                                       | 25 |
| <b>Çizelge 2.2.</b> Oksidasyon ajanları ve potansiyelleri.....                                                                                        | 26 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Çalışmada kullanılan pestisitlerin özellikleri.....                                                                               | 40 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Çalışmada vişne suyu örneklerine uygulanan prosesler .....                                                                        | 47 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> PEF, O ve US uygulamaları ve bunların kombinasyonları ile<br>proses edilen vişne suyuna inoküle edilen bakteri inaktivasyonu..... | 80 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> PEF, O ve US uygulamaları ve bunların kombinasyonları ile<br>proses edilen vişne suyunun duyusal analizi.....                     | 84 |

## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

|                 |                                                                                                      |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADI</b>      | : Kabul Edilebilir Günlük Alım Miktarı (Acceptable Daily Intake)                                     |
| <b>AOAC</b>     | : Analitik Kimyagerler Derneği (Association of Official Analytical Chemists)                         |
| <b>CAS</b>      | : Kayıt Numarası (Chemical Abstract Service)                                                         |
| <b>EHEC</b>     | : Enterohemorajik Suşu (Enterohaemorrhagic Strain)                                                   |
| <b>EPA</b>      | : Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency)                                              |
| <b>ESI</b>      | : Elektrosprey İyonlaşma (Electrospray Ionization)                                                   |
| <b>FAO</b>      | : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations) |
| <b>FDA</b>      | : Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration)                                                |
| <b>GC-FPD</b>   | : Gaz Kromatografi Alev Fotometrik Dedektör (Gas Chromatography-Flame Photometric Detector)          |
| <b>HC</b>       | : Hemorajik Kolit (Hemorrhagic colitis)                                                              |
| <b>HTST</b>     | : Yüksek Sıcaklık Kısa Süre (High Temperature Short Time)                                            |
| <b>HÜS</b>      | : Hemolitik Üremik Sendrom                                                                           |
| <b>LC-MS/MS</b> | : Sıvı Kromatografisi- Kütle /Kütle Spektrofotometresi                                               |
| <b>LOD</b>      | : Tespit Limiti (Limit of Determination)                                                             |
| <b>MRL</b>      | : Maksimum Kalıntı Limiti (Maximum Residue Level)                                                    |
| <b>PEF</b>      | : Atımlı Elektrik Alan (Pulsed Electric Fields)                                                      |
| <b>PME</b>      | : Pektin Metil Esteraz                                                                               |
| <b>Ppb</b>      | : Milyarda bir (nano)                                                                                |
| <b>Ppm</b>      | : Milyonda bir (mikro)                                                                               |
| <b>SEM</b>      | : Işık Taramalı Elektron Mikroskobu                                                                  |
| <b>TRD</b>      | : Toplam Renk Değişimi                                                                               |
| <b>TS</b>       | : Termosonikasyon                                                                                    |
| <b>USDA</b>     | : Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture)              |
| <b>WHO</b>      | : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)                                                    |
| <b>TMAM</b>     | : Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı                                                               |

## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde yardımcı olan, tezimin her aşamasında bilgisini ve deneyimlerini esirgemeyen değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarken, tez jürimde yer alarak değerli görüş ve bilimsel katkılarını sunan Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR ve Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden sayın Doç. Dr. Semra TURAN'a teşekkür ederim. Çalışmalarım süresince desteklerini hissettiğim çalışma arkadaşlarım Selin ÖZBAKIR ve Kübra KANAR'a, laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan Pınar ÖZDEMİR ve Melis KEKÜLLÜOĞLU'na, pestisit analizlerinin yapılmasında büyük emeği geçen Dr. Özgür GÖLGE'ye ve ayrıca tüm öğrenim hayatım boyunca bana inancı sonsuz olan ve her daim maddi manevi desteğini hissettiğim başta babam Rahmi KESKİN olmak üzere canım AİLEM'e tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

## 1. GİRİŞ

Klasik ısı işlem uygulamaları, gıdalarda enzimatik ve mikrobiyel inaktivasyonu sağlayarak uzun raf ömürlü güvenilir gıda üretimi için temel teknoloji olmakla beraber gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde istenmeyen değişikliklere (kararma, tekstür kayıpları, vitamin ve uçucu bileşen kaybı ya da besin değerinde düşme vs) yol açmaktadır. Tüketici bilincindeki gelişmelere paralel olarak sağlıklı beslenme trendi önem kazanmış, tazeye en yakın şekilde üretilip muhafaza edilen aynı zamanda yüksek mikrobiyel kaliteye sahip gıda ürünlerine olan talep artmıştır. Söz konusu gıda ürünlerine olan talep, gıdaların korunmasında yeni alternatif metotların ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Atımlı elektrik alanı ( pulsed electric fields, PEF) uygulaması klasik yöntemlerden farklı olarak termal (ısısal) olmayan gıda muhafaza yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Mertens ve Knorr, 1992; Zhang vd., 1995a; Dunn, 2001; Altuntaş vd., 2008; Mosqueda-Melgar vd., 2012). Alternatif teknolojilerden olan ozon uygulaması da günümüzde gıda endüstrisinde dezenfeksiyonun sağlanmasında diğer dezenfektanlara göre avantajlarından dolayı öne çıkan kimyasal bir yöntemdir (Uysal ve Evrendilek, 2010). Gıdanın kalitesini geliştirmede ultrasonik ses dalgaları uygulaması hızlı, etkili ve güvenilir alternatif bir metot olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, ultrasonikasyonun eşsiz fonksiyonelliği ile yeni ürün geliştirmede potansiyel bir güç kaynağı olduğu bildirilmiştir (Soria ve Villamiel, 2010). Son yıllarda patojenler üzerinde ultrason kullanımının uygunluğunu belirlemek için birçok çalışma yapılmış ve yoğun sıvılar ve katılar ultrasonik dalgaların yayılmasını engellediği için, bu tekniğin süt ve meyve sularının sterilizasyonu için daha kullanışlı olduğu belirtilmiştir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Bilindiği gibi meyve suları aroması, ferahlatıcı etkisi ve sindirime katkı sağlama gibi özelliklerinden dolayı uzun yıllardır tüketilmekle birlikte; bileşiminde bulunan şekerler, organik asitler, aminoasitler, mineral maddeler, fenolik maddeler, suda çözünen vitaminler vb. bileşim maddeleri nedeniyle önemli bir besin kaynağıdır (Doyuran ve Gültekin, 2015). Gerek antioksidan kapasitesinin yüksekliği gerekse çekici rengi ve serinletici etkisi ile dikkat çeken vişne suyunun insan sağlığı üzerine

birçok olumlu etkisi de göz önünde bulundurulduğunda son yıllarda ilgi duyulan bir meyve olmuştur (Ekşi ve Akdağ, 2006). Meyve sularının raf ömürleri enzimatik ve mikrobiyel aktivite sebebiyle kısa olup, ısıt uygulamalar meyve suyu stabilizasyonu, enzim ve mikroorganizma inaktivasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat bu ısıt yöntemler besin maddelerinde kayıplara, organoleptik ve fizikokimyasal özelliklerde değişikliklere sebep olmaktadır (Espachs-Barroso vd., 2003).

İşlenebilir tarım alanlarından kaliteli ve yüksek verim alabilmek için uygulanabilecek yollardan biri modern tarım tekniklerinin ve girdilerinin kullanılmasıdır. Günümüz modern tarımının tamamlayıcı bileşeni niteliğinde olup, bitkisel koruma ürünleri içerisinde yer alan pestisitler; artan dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanmasında hasat öncesi ve sonrasında ürün kayıplarının azaltılmasına fayda sağlayan, kaliteli üretimi güvence altına alabilmek amacıyla kullanılan tarımsal mücadele şeklidir (González-Rodríguez vd., 2008; Tiryaki vd., 2010). Pestisitlerin insan sağlığına olumsuz etkisi ise üretim, nakliye, depolama, kullanma ve pestisit kalıntılarını içeren besin maddelerinin tüketimi gibi nedenlerle ortaya çıkmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1998).

Pastörizasyon, sterilizasyon, soğukta muhafaza ve dondurma gibi mevcut gıda proses yöntemleri mikrobiyel ve enzim inaktivasyonunu sağlayarak sağlıklı ve uzun ömürlü gıda ürünlerinin üretilmesini mümkün kılmakta, fakat gıdalara kontamine olan pestisit, herbisit ve toksin gibi kontaminantların dekompozisyonunda yeterli olmamaktadır. Bu amaçla farklı çalışmalar yapılmakla birlikte PEF, ozon ve ultrasonikasyon gibi teknolojilerle yapılan çalışmalar oldukça yetersizdir. Bu nedenle çalışma kapsamında ülkemizde en fazla üretim hacmine sahip ürünlerden birisi olan ve tüketim sıralamasında yine üst sıralarda yer alan ve büyük ekonomik öneme sahip vişne sularına çeşitli şekillerde kontamine olan pestisit kalıntılarının gideriminde atımlı elektrik alanı, ozon, ultrasonikasyon gibi alternatif teknolojilerin ve bu teknolojilerin uygun kombinasyonlarının potansiyellerinin araştırılması ve uygulanan proseslerin aynı zamanda mikrobiyel inaktivasyon, vişne suyunun fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Pestisitler

Pestisitler ‘pest’ denilen zararlıları (böcekler, fare ve diğer hayvanlar, istenmeyen bitkiler, mantar, bakteri ve virüs gibi çeşitli mikroorganizmalar) gıda ürünleri, bitki, insanlar ve hayvanlardan uzaklaştırmak, yok etmek veya sayılarını azaltmak amacıyla kullanılan kimyasal maddeleri ifade eder. Yabancı kökenli bir sözcük olup, pest= zararlı, cide= öldürücü anlamına gelmektedir. Bu terim ayrıca bitki büyümesini düzenleyici, yaprak dökücü, kurutucu, meyve seyreltici veya ham meyvelerin dökülmesini önleyici etkenleri ve depolanma-taşınma sırasında ticari malların bozulmasını önlemek amacıyla hasat öncesi ve sonrasında ürüne uygulanan maddeleri de kapsamaktadır (Maroni vd., 2000; FAO, 2002; Tatlı, 2006; Anonim, 2014a).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nun pestisitler için yaptığı tanım ise şu şekildedir;

İnsan veya hayvanlarda oluşabilecek hastalıkları taşıyıcı; gıdaların, tarımsal ürünlerin, ahşap ve ahşap ürünlerinin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında bu uygulamaları olumsuz etkileyecek her türlü zararlıların önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla veya hayvanlar üzerinde veya vücutlarında bulunabilecek zararlıların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddelerdir. (FAO, 2002)

Pestisitlerin kullanımı çok eski tarihlere dayanmakla birlikte bilinen ilk pestisit yaklaşık 4500 yıl önce antik Sümer’de kullanılan elemental kükürt tozudur. 15. yüzyılda arsenik, civa ve kurşun gibi toksik kimyasallar tarım ürünlerindeki zararlıların öldürülmesinde kullanılmıştır. 17. yüzyılda nikotin sülfat, insektisit olarak kullanılmak üzere tütünden ekstrakte edilmiş, 19. yüzyılda da iki doğal pestisit, krizantemden elde edilen pyrethrum (pire otu) ve tropik bitki köklerinden elde edilen rotenon kullanılmaya başlanmıştır (Miller, 2002). Tarım ürünlerinin kalite artışında büyük öneme sahip olan pestisitlerin kullanım alanlarını şöyle sıralamak mümkündür;

- Bitkinin çeşitli kısımları ve tamamındaki zararlıların yıkımını kontrol altında tutma,
- Bitki biyokütlesi ve hayvansal üretimi artırma,
- Tarımsal ürünlerde çürümeye ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalarla mücadele etme,
- Yabani ot, mantar, bakteri ve yosunlarla mücadele etme,
- Bitkiye zarar veren zararlı hayvanlarla (kene, yaprak biti, böcek, larva ve nematodlarla) mücadele etme,
- Bitki büyümesini uyarma ve engelleme uygulamalarında (aşırı çiçeklenmeyi ortadan kaldırma, kuru bitki ve yaprakları yok etme),
- Diğer ürünlerdeki olası eğilimleri için (tekne ve gemilerde büyümelerine karşı, çiftlikte, evde, hastanelerde, mağaza ve araçlarda zararlı organizmaları öldürmek için) kullanılmaktadır (Fenik vd., 2011).

Görünüş, fiziksel yapı ve formülasyon şekilleri, etkiledikleri zararlı ve hastalık grubu ile bunların biyolojik dönemi, içerdikleri aktif maddenin cins ve grubu, zehirlilik derecesine ve kullanım tekniğine göre çok değişik şekillerde sınıflandırılan pestisitlerin, en çok kullanılan sınıflandırılma biçimleri ise kullanıldıkları zararlı gruplarına göre yapılan sınıflandırılmalarıdır. İnsektisit, fungusit ve herbisitler, kullanıldıkları zararlı gruplarına ya da hedef alınan organizmaya göre yapılan sınıflandırmada en önemli üç büyük pestisit grubunu oluşturmaktadır. Organik klorlu pestisitler, fosforlular, karbamatlar, doğal ve sentetik pretroidler ise kimyasal yapılarına göre yapılan sınıflandırmada en önemlileridir (Öncüler, 1995; Toros vd., 1999). Pestisitlerin en yaygın sınıflandırılma biçimi etkiledikleri canlı grubuna göre olan sınıflandırmadır. Buna göre şu şekilde sınıflandırılabilir;

1. İnsektisidler (Böcekleri öldüren): Klorlanmış hidrokarbonlular, organik fosforlular, karbamatlılar, sentetik pretroidler, bakteriler.
2. Akarisitler (Akarları öldüren): Amin ve hidrazin türevleri, kükürtlüler, organik kalaylılar.
3. Nematisit (Nematodları öldüren)
4. Mollussisit (Yumuşakçaları öldüren)
5. Rodentisit (Kemirgenleri öldüren)



6. Avisit (Kuşları öldüren)
7. Afisit (Yaprakbitlerini öldüren)
8. Fungisit (Fungusları öldüren): Bakırlılar, kalaylılar, kükürtlüler, dithiokarbamatlılar, benzimidazoller, piperazinler, triazoller.
9. Bakterisit (Bakterileri öldüren)
10. Herbisit (Yabancı otları öldüren): Benzimidazoller, karbamatlılar, anilidler, triazinler, uraciller.
11. Algisit (Algleri öldüren) olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Karadağ, 2007).

### 2.1.1 Pestisit Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Tarımsal veya endüstriyel alanda çeşitli sebeplerle kullanılan pestisitlerin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilmektedir;

**Avantajları:** Evcil böceklerin (pire, bit, karınca) yok edilmesiyle kişisel hijyende gelişme gözlenmesi, süt, yumurta, et ve deri üretiminin artırılması, yenilebilir bitki veriminin artırılması, depolama ve taşıma sırasında oluşan gıda kayıpları azaltılması, çiftlik hayvanları ve kuşlar arasında, böcekler tarafından taşınan birçok salgın ve bulaşıcı hastalıkların sınırlandırılması veya yok edilmesi, ot imhasının sağlanmasıyla beraber; kağıt ve tekstil gibi endüstri ürünleri ile demiryolu hatları ve havaalanlarının uzun süre kullanıma dayanıklılıkları geliştirilmesi gibi avantajlarından söz edilmiştir (Cairns ve Sherma, 1992; Biziuk vd., 1996; Hajslova ve Zrostlikova, 2003; Moreno vd., 2006; Fenik vd., 2011).

**Dezavantajları:** Patojenler ve böceklerin zehirlere karşı direnç kazanması, uygulama yapılan bölgede istenmeyen organizmalar yok edilirken o bölgede yaşayan tüm yararlı organizmalarında istemsiz olarak yıkıma uğraması, pestisitlerin uygulamanın yapıldığı noktalardan rüzgar ve yağmurun etkisiyle komşu ürünlere, topraklara ve su kütlelerine taşınarak kontamine olmaları, insan vücudunda birikerek kanserojenik, nerotoksik etkiye yol açabilmesi ve hormonal-enzimatik düzenini bozarak insan sağlığını ve yaşamını direk etkileyebilmesi gibi dezavantajlarından söz edilmiştir (Cairns ve Sherma, 1992; Biziuk vd., 1996; Hajslova ve Zrostlikova, 2003; Moreno vd., 2006; Fenik vd., 2011).

### 2.1.2 Pestisit Kalıntıları ve Sorunları

Tarımda pestisit kullanımı, bir yandan tarımsal üretimin artışına katkı sağlarken diğer yandan bilinçsiz ve yanlış kullanımı sonucunda doğrudan ya da dolaylı olarak insan ve çevre sağlığını tehdit edebilmektedir. Dolaylı olarak (gıda, içme suyu, konut ve mesleki maruziyet) ve doğrudan (ağız, soluma yoluyla ve dermal olarak) pestisitlere maruz kalma meydana gelebilir. Geniş kapsamlı yararlarına rağmen birkaç yanlış uygulama, tüketicilere ulaşan ürünlerde yüksek ve istenmeyen seviyelerde bileşiklerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Gıda maddelerine uygunsuz olarak seçilen pestisit kullanımı, tavsiye edilen dozların üzerinde kullanılmaları, gereğinden fazla, gerekmediği halde birden fazla kimyasalla karıştırılarak kullanılmaları ya da son ilaçlama ile hasat dönemi arasında bırakılması gereken süreye uyulmaması nedeniyle gıda maddelerinde fazla miktarda kalıntı kalmaktadır (Heming vd., 1954; Cserhàti vd., 2004; Walorczyk, 2007; Boobis vd., 2008; Chen vd., 2011; Bakırcı ve Hışıl, 2012).

Pestisit kalıntıları; bir gıda, zirai ürün ya da hayvan yeminde pestisit kullanımı sonrasında üründe kalan herhangi madde veya maddeler grubu olup, bu terim pestisitlerin dönüşüm ürünlerini, metabolitleri, reaksiyon ürünleri ve toksikolojik önemi olabilen safsızlıklar gibi tüm pestisit türevlerini içerir. Ürünlerde saptanan ppm (mg/kg) olarak pestisit miktarı kalıntının tanımıdır. Toksik kalıntı ilacın etkili maddesinin yanında bunun diğer metabolitlerini de kapsamakta bu kimyasal değişme veya parçalanma ürünleri de son kalıntı olarak ifade edilmektedir (Tatlı, 2006).

Kullanılan pestisitın etkili maddesi veya parçalanma ürünleri; uygulamanın yapıldığı bitki türüne, etkili maddenin kimyasal yapısı ve özelliklerine, kullanım dozu ve tekrarına, etkili maddenin formülasyonuna, uygulama ile hasat arasında geçen zamana, uygulama esnasında çevre ve iklim koşullarına, hasattan tüketime kadar uygulanan proseslere bağlı olarak üründe çeşitli miktarda kalıntı bırakmaktadır (Öncüer, 2003).

Bitkilerin doğrudan veya toprakta kalan pestisiti kendi bünyesine alması, bunların insan gıdası veya hayvan yemi olarak kullanılmasıyla, söz konusu kimyasallar besin zincirine girmektedir; pestisit kalıntılarının en önemli kaynağı

gıdalardır. Bu sebeple 1960 yılında FAO ve WHO tarafından “pestisit kalıntıları kodeks komitesi” kurulmuştur. Komitenin çalışmaları sonucu tanımlamalar yapılmış ve bilimsel araştırma verilerine dayanarak gıdalarda bulunmasına izin verilen maksimum kalıntı değerleri belirlenmiştir (Akman vd., 2004; Yücel, 2007; Güvenç ve Aksoy, 2010).

***Maksimum kalıntı limiti (MRL- Maximum Residue Level):*** İyi tarım uygulamaları ve ADI değerleri temel alınarak belirlenen en yüksek pestisit kalıntı limitini,

***Kabul edilebilir günlük alım miktarı (ADI- Acceptable Daily Intake):*** Toplumdaki çocuk veya doğmamış bebekler gibi hassas gruplar da dikkate alınarak değerlendirme sırasındaki mevcut bilgiler ışığında tüketiciye fark edilebilir herhangi bir sağlık riski teşkil etmeyen, bir bireyin vücut ağırlığı esas alınarak yaşamı boyunca gıdalarda günlük olarak alabileceği madde miktarını,

***Tespit limiti (LOD – Limit of Determination):*** Analitik olarak geçerli metotlarla tespit edilen en düşük limitini tanımlamaktadır (Anonim, 2014b).

Pestisit kalıntılarıyla ilgili ilk çalışmalar dünyada 1940’lı yılların başında, Türkiye’de ise 1950’li yılların sonlarına doğru yapılmaya başlanmıştır (Durmuşoğlu, 2002). Otacı vd. (1971) ve Güvener vd. (1977) tarafından pestisit kalıntıları ile ilgili ilk pazar anket çalışmaları gerçekleştirilmiş olup; ülkemizde 1959-1999 yılları arasında, kalıntı analizi üzerine toplam 67 çalışma yapıldığı, bunların da birçoğunun bekleme süresini tespit etmeye yönelik ruhsatlandırma çalışmalarının gereği olduğu bildirilmiştir (Durmuşoğlu ve Çelik, 2001). Ülkemizde pestisit kalıntıları ile ilgili yapılan araştırmalara limon (Azar, 2008), şeftali (Öztekin, 2005), turunçgiller (Tağa, 2007), üzüm (Yıldız, 2009), çilek, greyfurt, kırmızı biber, yeni dünya, erik, domates ve kayısı (Tunur, 2009) örnek verilebilir.

Günümüzde insan, hayvan ve bitki sağlığının korunmasında yaygın olarak kullanılan pestisitlerin tüm yararları göz önüne alındığında vazgeçilmeyecek gibi görünse de; söz konusu kimyasal maddeler insan ve hayvanlarda sebep olduğu akut ve kronik zehirlenmeler ile yarattıkları çevre ve besin kirlenmesi sorunları nedeniyle son yıllarda büyük problem oluşturmaktadır (Şanlı, 1994).

Tarımsal alanlara uygulanan pestisitler; hava, su ve toprağa, oradan da bu alanlarda yaşamını devam ettiren diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Bir pestisitın çevredeki hareketlerini, onun fiziksel özellikleri, kimyasal yapısı, uygulama şekli, formülasyon tipi iklim ve tarımsal şartlar gibi faktörler etkilemektedir. Uygulama esnasında evaporasyon ve dağılma sebebiyle pestisitlerin bir kısmı kaybolurken, bir kısmı da bitki üzerinde ve yaprak yüzeyinde kalmakta; havaya karışan pestisitler rüzgarlarla taşınıp, sis ve yağışlarla tekrar yeryüzüne dönebilmektedir. Bu yolla aslında hedef olmayan diğer organizma ve bitkilere ulaşan pestisitler kalıntı ve toksisiteye sebep olabilmektedir. Uygulama sonrasında toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur sularıyla yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşağı doğru yıkanarak taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Ayrıca pestisitler, eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınıp yer altı sularına geçebilirler ve bundan sonra da parçalanmaya devam ederler (Yücel, 2007; Yıldırım, 2008; Ögüt ve Seçilmiş, 2009; Sofuoğlu, 2009).

Yüksek düzeyde ve bilinçsizce pestisit kullanımı halk sağlığını tehlikeye sokabilmektedir. Akut ve kronik zehirlenmeler, teratojenik, mutajenik ve karsinojenik olan etkiler ilk sırada yer alan önemli sakıncaları oluştururken, son yıllarda yapılan çalışmalarda yüksek düzeyde pestisite maruz kalan bireylerde Hodgkin lenfoma, lösemi, multiple myeloma, karaciğer, testis ve akciğer kanseri oluşma riskinin de oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir. Pestisitlere maruz kalan tarım işçilerinin çocuklarında ekstremitte eksikliği ve doğumdan kısa bir süre sonra bebek ölümlerinin meydana gelme olasılığının yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca pestisit kalıntıları deri hastalıkları, akciğer hastalıkları, hemapoietik sistem hastalıkları, bağışıklık sistemi hastalıkları, sindirim sistemi hastalıkları, böbrek ve idrar yolu hastalıkları, kadın üreme sistemi hastalıklarına (düşük, düşük doğum ağırlığı, toksemi ve postpartum kanama) yol açmaktadır. Çocuklardaki etkisi ise hormonal bozukluklar, kavrama ve öğrenmede geriliğin ve kanser riskinin artışı olarak gözlenmiştir (Güler ve Çobanoğlu, 1994; Kubaş ve Hurma, 2002; Üner, 2005).

Yiğit (1975) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki meyve suyu sanayi ve ihracatı için önem arz eden şeftali sularını materyal olarak seçilmiş, dünyada ve

Ülkemizde kullanımı giderek artan organik fosforlu ilaların kalıntılarını Œeftali suyunda araŒtırılmıŒtır. AraŒtırma kapsamında uygulanan pestisitler ve onların metabolitleri incelenmiŒ ve meyve sularında parathion, malathion, malaoxon vetrichlorfon kalıntıları saptanmıŒ ancak tespit edilen değerlerin toleransın ok altında olduğu bildirmiŒtir. İŒlenmiŒ rnler olduğu iin meyve sularının kalıntı miktarlarının iŒlenmemiŒ gıdalara göre daha dŒk tespit edildiği bildirilmiŒtir.

zgn vd. (1997) tarafından yapılan alıŒmada meyve sularındaki bazı pestisitlerin kalıntıları araŒtırılmıŒ, materyal olarak Œeftali ve kayısı nektarı ile viŒne ve elma suları kullanılmıŒtır. Toplam 203 adet örneğin yer aldığı bu alıŒmada örneklerin 26 adedinde klorlandırılmıŒ hidrokarbonlu insektisit kalıntısı tespit edilmiŒtir. Meyve suyu teknolojisinde uygulanan proseslerin pestisit kalıntı düzeyini azalttığını ve yarılanma ömürleri ok kısa olan organik fosforlu ve karbamatlı pestisitlerin kalıntısına rastlanmadığını belirten araŒtırıcılar en fazla pestisit kalıntısına ise elma ve viŒne sularında rastlandığını bildirmektedirler. Ayrıca incelenen tüm meyve sularındaki insektisit kalıntılarının önemli bir sorun teŒkil etmediği bildirilmektedir.

Aysal vd. (1998) domates yetiŒtiricilięinde yaygın olarak kullanılan organik fosforlu insektisitlerden biri olan chlorpyrifos'un domates ve domates ürünlerindeki kalıntılarını belirlemek iin denemeler yapmıŒlardır. Domates bitkisinde yeŒil kurt, yaprak bitleri, bozkurt ve dana burnuna karŒı kullanılan bu insektisitin kalıntısına en yüksek yapraklarda rastlanmıŒtır. Domates ve ürünlerindeki toplam kalıntı miktarına bakıldığında ise salada erken sezonda kalıntı miktarının en yüksek seviyede olduğu belirtilmektedir.

ztekin (2005) alıŒmasında Œeftali ve Œeftali sularında bulunabilecek bazı organik fosforlu ve bromlu pestisit kalıntılarını incelemiŒtir. Zirai mücadele teknik talimatında önerilen doz ve bu dozun 2 katı doz ile ilalanan Œeftali ağalarından toplanan Œeftalilerde diazinon, methidathion ve bromopropylate kalıntı miktarlarını tespit etmiŒtir. İlalı Œeftalilerden meyve suyu yapılarak meyve suyu iŒleme teknolojisi aŒamalarındaki kalıntı düzeylerinin hangi seviyede azaldığını belirlemiŒtir. İlalamanın aŒırı dozda yapıldığı Œeftalilerde normalin 3 katı pestisit kalıntısı belirlemiŒtir.

## 2.2 Mikroorganizmalar

***Bacillus cereus*:** Gram pozitif, çubuk formda, spor oluşturan, fırsatçı insan patojeni olup giderek artan gıda zehirlenmelerinin etkeni olarak kabul edilmektedir (Fricker vd., 2007). Çevrede geniş dağılımı sebebiyle bu mikroorganizma tahıl ürünleri, pirinç, sebze, makarna, et, süt, sıvı yumurta, tekstür ajanları ve soslarla sınırlı olmamak üzere gıda ürünlerinde geniş yelpazede mevcut bir sorun oluşturmaktadır (Dierick vd., 2005; Kim vd., 2009; Martínez-Blanch vd., 2010). *B. cereus*'un neden olduğu gıda zehirlenmeleri kusma ve ishal başta olmak üzere iki farklı klinik semptomla ayırt edilebilir (Kim vd., 2010). Birçok gıda sanayisi için *B. cereus* varlığı uzun zamanlı bir sorundur; çünkü gıda işleme esnasında sporları öldürmek için gıda maddesine yeterli ısıyı uygulamak her zaman mümkün olmayabilir (Andersson vd., 1995). Meyve sularının pastörizasyonu esnasında sporları yok edecek sıcaklık derecesine ulaşamadığı takdirde mikroorganizma sorun teşkil edebilmektedir.

***Penicillium expansum*:** Yumuşak çekirdekli meyve türlerinde mavi küf oluşumuna neden olan en yaygın gıda kaynaklı fungus olup, depolanmış meyvelerde % 70-% 80'ler arasındaki değerlerde bozulmaya sebep olmaktadır. Soğuk hava depolarında saklanan özellikle elma ve armutta bozulmadan sorumlu olan bu fungus, elmalarda önemli ekonomik probleme yol açmakla birlikte şeftali, çilek, domates, mısır ve pirinci de içine alan geniş bir konakçı kitlesine sahip bitki patojenidir. Ayrıca patulinin ana üreticisi olarak da dikkat çekmektedir (Morales vd., 2007). Patulin *P. expansum* tarafından üretilen ısıya dirençli mikotoksin olup, elma ürünlerindeki patulin seviyesi toksinin yol açtığı ciddi akut ve kronik etkilerden dolayı oldukça önemlidir. Patulinin bitki, hayvan hücre ve dokuları için yüksek toksik etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. İnsan vücudundaki akut toksik etkileri mide bulantısı, kusma ve diğer mide bağırsak travmaları ve beraberindeki böbrek hasarı olup kronik patuline maruz kalındığında ise; kanserli tümörlerin oluşumu, genetik mutasyonlar ve embriyonik gelişmeye yönelik kusurların meydana geldiği gözlenmiştir (Dickens ve Jones, 1961; Mayer ve Legaror, 1969; Stott ve Bullerman, 1975; Ciegler vd., 1976; Akbulut, 2005).

***Pseudomonas syringae* subs. *syringae*:** *Pseudomonas* cinsine ait Gram pozitif, çubuk ve polar flagellalı bir bitki patojeni olup birçok bitki türü için hastalık etmenidir. Syringomycin adlı toksini üreten bakteri oksidaz negatif arginin dehidrolaz negatif etki gösterir. Meyve üretim alanlarında yer alan meyve ağaçlarında bu mikroorganizmanın neden olduğu hastalıklar, kontrol edilmesi oldukça zor ve tüm dünya çapında ciddi ekonomik kayıplara sebep olan niteliktedir. Almanya’da erik ağaçlarında *P. syringae* subs. *syringae*’nin sebep olduğu bakteriyel ağaç kanseri (pamukçuk) hastalığının tek yıllık ağaçlarda mortalite oranı % 30 kadar yüksektir (Hinrichs-Berger, 2004), İtalya ve diğer Avrupa ülkelerinde fındık ağaçlarındaki bu bitki hastalığı ise çok fazla sayıda ağaçların mortalitesiyle sonuçlanmıştır (Scortichini, 2002). Meyvede çağla döneminde yüzeysel meyvenin iriliğine oranla değişik boyutlarda lekeler; yapraklarda küçük, yuvarlak, şekilsiz lekeler şeklinde gözlenen lezyonlar ve meyve veriminde azalmalar hastalık belirtileri arasında yer almaktadır. Genç ve daha yaşlı ağaçları öldürebilme potansiyeline sahip olan bitki patojeni, özellikle sert çekirdekli meyvelerde neden olduğu dal yanıklığı hastalığı kiraz (*Prunus avium* L.), vişne (*Prunus cerasus* L.) için çok önemli bir hastalık olup kayısı (*Prunus armeniaca*) ve diğer sert çekirdekli meyvelerde de dikkat çekmektedir. Hasattan önce meyvelerin *P. syringae* subs. *syringae* ile kontamine olması meyve suyu/nektara işlenmesi sırasında hastalık etmeninin meyve suyu/nektarına kontaminasyonuna sebep olmaktadır (Altuntaş, 2007; Kennelley vd., 2007).

***Escherichia coli* O157:H7:** *Enterobacteriaceae* familyasına ait, Gram negatif, çubuk şeklinde, hareketli, fakültatif anaerob, spor form oluşturmayan, katalaz (+), oksidaz (-), fermantatif ve enterohemorajik suşları (EHEC) hayvanların bağırsaklarında konakçı olabilen gıda kaynaklı patojendir (Erkmen ve Bozoğlu, 2008; Newell vd., 2010). *E. coli* O157:H7 kanlı ishal, hemorajik kolit (HC), hemolitik üremik sendrom (HÜS) ve gezgin ishali gibi çok çeşitli gastrointestinal hastalıklara sebep olur (Montville ve Matthews, 2008; Robinson ve McKillip, 2010). Çiğ sebze ve meyvelerin *E. coli* O157:H7 ile kontaminasyonları yetiştirilme sırasında büyükbaş ve küçükbaş hayvanlardan kaynaklanabileceği gibi gübre olarak uygun olmayan karışımlar kullanıldığında da oluşabilmekte ve bu risk meyve ve sebzelerin ağaçtan toprağa düştükten sonra işlem zincirine katıldıklarında artış göstermektedir. Taze ürünler tarladan tüketime kadar olan zincir boyunca herhangi bir noktada

kontamine olabilmemesinin yanı sıra birincil üretim aşamasında kullanılan sulama suyu veya çığ gübre uygulama alanı da *E. coli* O157:H7 kontaminasyonuna neden olan esas yoldur. *E. coli* O157:H7 aynı zamanda ağaçlardaki ve asmalardaki meyveler için kontamine gübrenin toz parçaları hava kaynaklı risk oluşturabilmekte, tarlada veya paketlenme ünitelerinde çalışan işçilerde çapraz-kontaminasyon kaynağı olabilmektedir. Bu sebeple hasat öncesinde taze ürün kontaminasyonunu önlemek tüketiciye mikrobiyel açıdan güvenli ürün teslimatını gerçekleştirmek için önemlidir (Fremaux vd., 2008; Franz vd., 2008; Semenov vd., 2009). *E. coli* O157:H7 koliform grubunda yer alan diğer bakterilerden farklı olarak elma suyu ve sideri gibi yüksek asitli gıdalara bulaştığı zaman uzun süre canlılığını sürdürebilmektedir. Bu sebeple meyvelere ya da meyve suyu veya nektarlara kontaminasyonu durumunda meyve suyu endüstrisi için büyük bir risk teşkil etmektedir. Bu nedenlerden ötürü pastörize edilmemiş meyve suyu/ nektarların tüketiminden kaçınılmalıdır (Evrendilek vd., 1999).

## **2.3 Kullanılan Alternatif Teknolojiler**

### **2.3.1 Ultrasonikasyon**

Ultrason (sonikasyon); saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgalarıyla enerji meydana getirilmesi olarak ifade edilip çoğunlukla, ultrason uygulamalarında 20 kHz' den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılır (Knorr vd., 2004; Dolatowski vd., 2007).

Ultrasonik ses dalgaları; katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz' den daha yüksek olan insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları olarak tanımlanabilmektedir. Genel olarak ses dalgaları güvenilir, toksik olmayan ve çevre dostu olarak bilinir, bu özelliğinden dolayı ultrasonik ses dalgalarının kullanımının uygulanan diğer tekniklere göre büyük bir avantaj sağladığı belirtilmiştir (Villamiel vd., 1999; Kentish ve Ashokkumar, 2011).

Ultrasonun potansiyel mikrobiyel inaktivasyon yöntemi olarak araştırılması 1960'lı yıllarda denizaltılarda kullanılmak üzere radarların geliştirilmesiyle başlamış,



kullanılan ses dalgalarının civardaki balıklar üzerine öldürücü etkisi olduğu saptanmıştır. Bu öldürücü etkinin hücre membranının ultrason nedeniyle parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, sıcaklık ve bazı kimyasallar ultrasonun öldürücü etkisini artırabilmektedir (Earnshaw vd., 1995). Bir başka kaynağa göre; ultrasonik dalgalar kullanılarak mikroorganizma inaktivasyonu 1930'lu yılların başlarında bildirilmiş ancak öldürücü etkisinin yetersizliği sterilizasyon yöntemi olarak kullanılmasını engellemiştir. Ancak son yıllarda ultrason dalgalarıyla mikrobiyel inaktivasyon araştırmacıların ilgisini çekmiştir (Pagan vd., 1999).

Sanz vd. (1985), ısı ve yüksek basınç ultrasonik dalgalar (20 kHz) kombinasyonunu ilk kez araştırmış ve termosonikasyon terimini ilk kez kullanmışlardır. Bu çalışmada termosonikasyonun inaktif etkisinin, ultrason dalgalarının oda sıcaklığındaki etkisinden daha büyük olduğu bildirmiştir. Daha yakın bir dönemde ise ısı, basınç ve ultrason işlemlerinin kombinasyonu ile ortaya çıkan manotermosonikasyon terimi türetilmiştir (Ordoñez vd., 1987). Daha sonra 1994 yılında öldürücü (manotermosonikasyon) ve öldürücü olmayan (manosonikasyon) sıcaklıklarda basınç altında yüksek güç ultrason dalgaları uygulamak için resistometre icat edilmiştir. Elde edilen sonuçlar statik basıncın artırılmasıyla beraber, manosonikasyonun vejetatif hücreyi inaktive etme oranında da artış olduğunu göstermiştir (Ogan, 1977; Palacios vd., 1991).

Basınç dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılması sonucunda ultrason etkisi oluşmaktadır. Mekanik titreşimler; mekanik basınç dalgalarına dönüşüp enerjiyi ortama, ortam da bu enerjiyi dalgayla temas halinde bulunan maddeye aktarır. Titreşim halindeki nesne hareketini ortamdaki moleküllere aktarır ve her molekül bu hareketi komşu moleküle iletip başlangıç konumuna geri dönerler. Ses enerjisi ortama girdiğinde sürekli dalga-tipi bir hareket oluşturarak ortama girdiğinde, bu hareketin bir sonucu olarak boylamsal dalgalar meydana gelir. Ultrasonik dalga hava içinden geçerken basınçta değişimlere sebep olmaktadır. Böylece ortamdaki partiküller üzerinde bir sıkışma ve gevşeme olmaktadır (Mason ve Lorimer, 2002; Knorr vd., 2004; Anonim, 2014c).

Moleküllerin sıkıştığı noktalarda basınç normal değerinin üstüne çıkıp, moleküllerin birbirinden uzaklaştığı noktalarda ise normal değerinin altına indiği

gözlenmektedir. Herhangi bir zamandaki basınç ( $P_a$ ), zaman ( $t$ ) ve frekansa ( $f$ ) bağlı olup,  $P_A$  ise basınç genliğini ifade eder (Mason ve Lorimer, 2002).

$$P_a = P_A \sin 2\pi f t \quad (2.1)$$

Basıncın yanı sıra ses şiddeti de bir diğer önemli parametre olup, üretilen ses dalgasının enerjisini ifade etmek için kullanılır. Birimi  $W/cm^2$ ' dir. Şiddetin mutlak tanımı, birim alanda birim zamanda dalga tarafından taşınan enerjidir. Ses dalgası ultrasonik ses üreten cihazlar kullanılarak ortama yayılır. Söz konusu cihazlar belli bir frekansla çalışır (genelde 20-50 kHz) ve alternatif akımı bir dönüştürücü vasıtasıyla mekanik titreşimlere dönüştürülürler. Bu titreşimler probu uygulanan frekansta titreterek meydana gelen titreşimlerin ortama iletilmesini sağlar. Ortam sıvı ise; uygulanan akustik alan ortamda bulunan moleküllerin orijinal konumlarında titremesine sebep olur. Ortamın basıncı ( $P_h$ , genellikle hidrostatik basınç), uygulanan akustik basınçla ( $P_a = P_A \sin 2\delta f t$ ) beraber artar. Burada  $P_a$  uygulanan akustik basıncı,  $P_h$ , hidrostatik basıncı ifade eder (Mason ve Lorimer, 2002).

$$P = P_h + P_a \quad (2.2)$$

Sıkışma evresinde, basınç pozitifken moleküller arasındaki ortalama uzaklıkta azalma söz konusudur. Seyrelme evresinde ise; moleküller arasındaki ortalama uzaklık artarken, basınç negatif değerlere ulaşmaktadır. Basınç kritik değerin ( $P_c$ ) altına düştüğünde (seyrelme evresinde gerçekleşir,  $P_c = P_h - P_a$ ), moleküller arası

ortalama uzaklık, molekülleri bir arada tutmak için gerekli olan kritik değerin üstüne çıkar. Moleküller arası ortalama uzaklık kritik değerin üstüne çıktığında sıvı kırılarak boşluk meydana gelir. Buna kavitasyon denir (Mason ve Lorimer, 2002). Kavitasyon sonucunda 1000 atm'nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara sebep olur (Vercet vd., 2001).

Bu kavitasyonlar (kabarcık) ilk kez meydana geldikten sonra basınç maksimum negatif değerine ulaşana kadar büyürler. Osilasyon sebebiyle, basınç

sıkışma evresine gelerek pozitif değere ulaştığında kavitasyon kabarcıkları çökmeye zorlanır. Başka bir ifadeyle; hacimlerinde küçülme olur ve bazılarında tamamen kaybolma gözlenebilir. Bu kabarcıkların tamamen veya kısmen çökmesi sonucu çok yüksek bir enerji açığa çıkarak şok dalgalar ve mikro-jetler oluşur (Neduzhii, 1962; Lauterborn ve Ohl, 1997).

### **2.3.1.1 Ultrasonikasyonun Gıdalardaki Uygulamaları**

Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları; alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu, etin olgunlaştırılması, nemlendirme, karıştırma ve emülsifikasyon, katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu, gaz giderme, köpük kırma, hava kaynaklı tozların çökeltilmesi, canlı hücrelerin uyarılması, ultrason destekli dondurma, ultrason yardımıyla kurutma, ultrason destekli filtrasyon, kesme, temizleme ve yüzey dekontaminasyonu, enzim aktivitesinin inhibisyonu, mikrobiyel inaktivasyon, ekstraksiyon ve petisit kalıntılarının giderilmesi etkisi yaratan atık işleme uygulamasıdır (Brennan, 2006).

Ultrason bazı sistemlerde tek başına uygulandığında yeterli olurken bazılarında yeterli inaktivasyon derecelerine ulaşabilmek için ısı ve/veya basınç gibi işlemlerle kombine edilerek kullanılması gerekir. Bunlar; termosonikasyon (ultrasonikasyon ve ısıl işlem), manosonikasyon (ultrason ve basınç), manotermosonikasyon (ultrason, basınç ve ısıl işlem) uygulamalarıdır (McClements, 1995; Rahman, 2007). Mevcut literatüre göre; ultrason uygulaması özellikle tek başına kullanıldığı zaman patojenlerin uygulamaya karşı direnç gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ultrasonun diğer yöntemler ile birlikte kullanılması daha yüksek bir antimikrobiyel etki gücü yaratmaktadır. Birçok, durumda ultrason uygulamasının klasik metodlarla kombinasyonu en iyi sonuç vermiştir (Garcia vd., 1991).

Ayrıca ultrasonik ses dalgalarının gıda üretimi ve işlenmesinde; meyve-sebze, et, yumurta, süt ve diğer bazı gıdaların bileşimlerinin belirlenmesinde, tekstür, viskozite ve pek çok katı veya sıvı gıda konsantrasyonlarının ölçümünde, akış düzeyi ve sıcaklık ölçümünde, ambalajlanmış gıdalara ve yumurta kabuklarına zarar vermeden kontrol edilebilmesinde, yüzeylerin dezenfeksiyonunda, kurutmada, filtrasyonda, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunda, hücre

tahribatında, sıvılardan gazların ayrıştırılmasında, ısı transferinde, ekstraksiyon proseslerinin hızlandırılması ve difüzyona bağlı herhangi bir prosesin geliştirilmesi gibi alanlarda kullanıldığı belirtilmiştir (Floros ve Liang, 1994; McClements, 1995; Felows, 2000; Yerlikaya ve Gökoğlu, 2003). Ultrasonikasyonun ısıl işleme göre özellikle yüksek şeker içeriğine sahip meyve sularında homojenliği artırması aramı kaybını azaltması ve enerji tasarrufu sağlaması gibi avantajları da bulunmaktadır (Evrendilek vd., 2011).

### **2.3.1.2 Ultrasonikasyon ile Mikrobiyel İnaktivasyonu**

Gıdalarda istenmeyen mikroorganizmaların varlığı tüketiciler için endişe yaratmakta olup gıdaya uygulanacak proses sırasında mikroorganizmaların etkin bir şekilde inaktivasyonu kaçınılmazdır. Gıdalarda proses sırasında oluşabilecek kontaminasyon üreticiyi risk altında bırakabilir. Bu nedenle gıda ürünlerinin bakteri yükünü azaltmak için üreticiler başlangıçtaki kontaminasyonu düşürmeli, üründe bulunan mikroorganizmaları inaktive etmeli ve söz konusu ürünün daha sonra mikroorganizma kontaminasyonunu engelleyecek prosedürleri geliştirmelidirler (Sala vd., 1995).

Klasik yöntemle mikroorganizma inaktivasyonu genellikle ısıl işlemlerin (pastörizasyon, ultra yüksek sıcaklık vb.) kullandığı uygulamaları kapsamaktadır. Bu uygulamalar gıdalarda istenmeyen, hoşı gitmeyen tat oluşumu ve besin kayıplarının ortaya çıkmasına yol açar. Ultrason, oluşturduğu kavitasyon sayesinde mikroorganizmaları inaktive ederek gıdalarda daha az değişimlere yol açmakta ve söz konusu işlemin mikroorganizmaları öldürme etkisi onların hücre duvarlarını parçalaması ile meydana gelmektedir (Butz ve Tauscher, 2002; Piyasena vd., 2003).

Ultrasonun mikroorganizmaların inaktivasyonundaki etkisi birçok çalışmada araştırılmıştır. Mikrobiyel süspansiyonlar üzerinde kavitasyon etkileri; mikroorganizma kümelerinin dağılımı, hücresel aktivitenin modifikasyonu, hücre duvarının tahribatı ve ısıya hassasiyetin artması şeklinde belirtilmiştir. Biyolojik hücrelerin yıkımı için ultrason mekanizması kavitasyon balonlarının çökmesiyle açıklanabilir. Ultrasonik dalgalar; hücre duvarına ve sitoplazmik membrana zarar veren kavitasyonel alana ulaşmayı sağlar. İnaktivasyon mekanizması, akustik

kavitasyon kaynaklı açığa çıkan ve basıncın hücrenin fonksiyonel bileşenlerini ve yapısını yıkıp, hücreyi parçalamasıyla açıklanmıştır (Ciccolini vd., 1997; Ulusoy vd., 2007; Bozkurt ve İçier, 2009).

Kavitasyon, sonikasyon işlemi sayesinde oluşur ve gaz kabarcıkları da bu ortamda meydana gelir. Ultrason enerjisi gaz kabarcıklarındaki buharı etkin bir şekilde tutamadığından gaz kabarcığı patlar ve ortamın yoğunlaşması gerçekleşir. Yoğunlaşan ortam ani olarak yüksek bir sıcaklık ve basınç bölgesi oluşturup bu ortamda bulunan mikroorganizmaların hücre duvarları zarar görür ve inaktif hale gelirler. Isıtılmış bölge bakterilerin ölmesini sağlamaktadır; fakat çok sınırlı bir alanı kapsadığı için bakterilerin tamamını öldürememektedir (Piyasena vd., 2003).

Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler üzerine ultrasonun öldürücü etkisi net olmamakla birlikte Gram negatif bakterilerin ultrason dalgalarına Gram pozitif bakterilerden daha dirençsiz olduğu bildirilmiştir (USDA, 2000). Bir diğer çalışmada ise ultrasonun söz konusu iki çeşit mikroorganizma arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Ahmed ve Russell, 1975; Scherba vd., 1991). Gram negatif ve çubuk bakterilerin ultrasona Gram pozitif ve kok şekilli bakterilerden çok daha hassas olduğunu bildirmiştir (Alliger, 1975; USDA, 2000). Mikroorganizma inaktivasyonu etkinliği üzerine, kullanılan ultrasonik dalgaların genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve gıdanın sıcaklığı etkili olmaktadır (USDA, 2000).

Mikrobiyal inaktivasyon açısından bir diğer mekanizma ise serbest radikallerin oluşumu ile açıklanmaktadır. Ultrason uygulaması esnasında OH<sup>-</sup> radikalleri ve hidrojen peroksit oluşur ve meydana gelen bu bileşenlerin önemli bakterisidal etkileri bulunmaktadır. Mikroorganizmaların hücre ve hücre duvarı özelliklerinin ultrason ile inaktivasyonunu önemli ölçüde etkilediği yönündeki görüş önem kazanmakta ve her iki mekanizmanın etkili olabileceği de düşünülmektedir (Ulusoy vd., 2007; O'Donnell vd., 2010; Soria ve Villamiel, 2010).

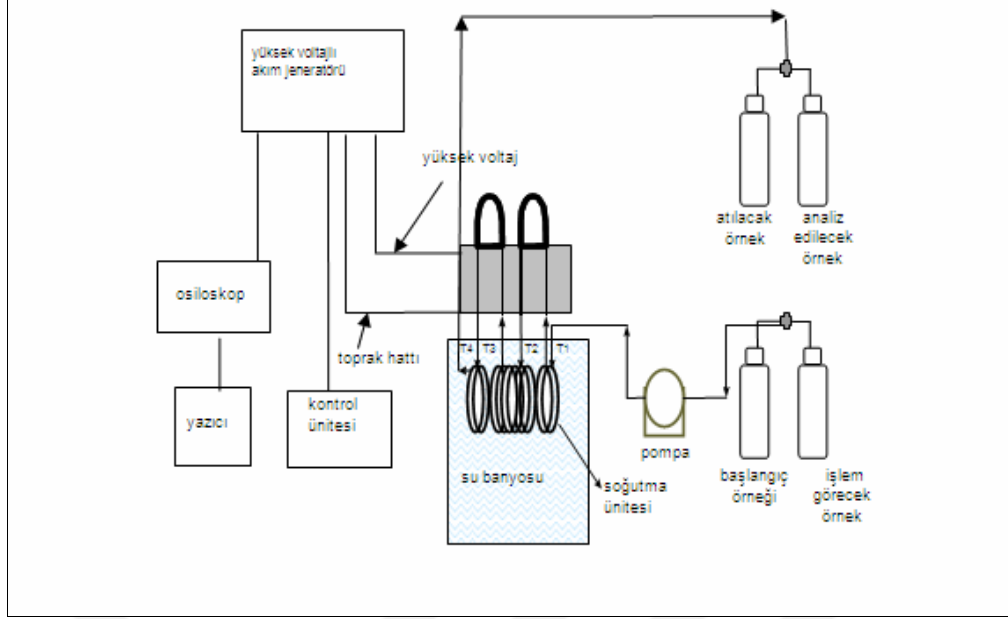
### 2.3.2 Atımlı Elektrik Alanı (Pulsed Electric Fields, PEF)

Gıdalara elektrik uygulamaları ilk olarak 1900'lerde kullanılmış, elektrik uygulamasıyla pastörizasyonda örneklerin sıcaklıkları elektriksel dirençle artırılarak mikroorganizma inaktivasyonu sağlanmaya çalışılmış ve PEF üzerine ilk çalışmalar süt örnekleriyle gerçekleştirilmiştir (Bendicho vd., 2002). Beattie ve Lewis (1925) gıdalara uygulanan 3000-4000 volt elektrik boşalımlarının öldürücü etkiye sebep olduğunu bulmuşlardır. PEF teknolojisinin temeli, mikro saniyelerle ifade edilen çok küçük zaman dilimlerinde gıdaya uygulanan yüksek voltajın enzimler ve mikroorganizmalar üzerindeki etkisine dayanmaktadır (Martin-Belloso vd., 1997a, 1997b ; Vega-Mercado vd., 1997). Sistemde kısa süreli (1-10  $\mu$ s) yüksek elektrik alanın (20-80 kV/cm) gıdanın kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinde modifikasyona neden olmaksızın mikroorganizmaları inaktive etmesi sağlanır (Pizzichemi, 2007). Büyük miktarda elektrik akımı PEF uygulamasıyla beraber sıvı gıdada bulunan ve elektrik akımı taşıyan iyonların konsantrasyonlarına bağlı olarak gıdaya geçmektedir (Zhang vd., 1995b; Maged vd., 2012).

PEF uygulaması oda sıcaklığında ya da oda sıcaklığının biraz altında veya üstündeki sıcaklıklarda gerçekleşmekte olup, uygulama esnasında gıdanın elektrik akımına gösterdiği direnç sebebiyle üründe ısı artışı gerçekleşir. Isınma sisteme bağlı soğutucu ekipman ile engellenmektedir. Ayrıca bu uygulamada gıda kısa periyotlarla muamele gördüğü için gıdanın ısı artışından dolayı meydana gelebilecek enerji kayıpları minimum düzeydedir (Qin vd., 1995a, 1995b).

Gerek laboratuvar ölçekli gerekse ticari ölçekli PEF sistemleri temel olarak 3 ana parçadan oluşmuştur (Şekil 2.1). Buna göre PEF sistemi üniteleri:

- Elektrik akım jeneratörü,
- Yüksek akım işlem odacıkları,
- Sıvı gıdanın PEF sisteminde iletimini sağlayan sıvı taşıma sistemi



**Şekil 2.1.** Laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF sistemi şematik diyagramı (Evrendilek vd., 1999).

#### ***Elektrik Akım Jeneratörü (Yüksek Voltaj Sağlayan Güç Kaynağı)-***

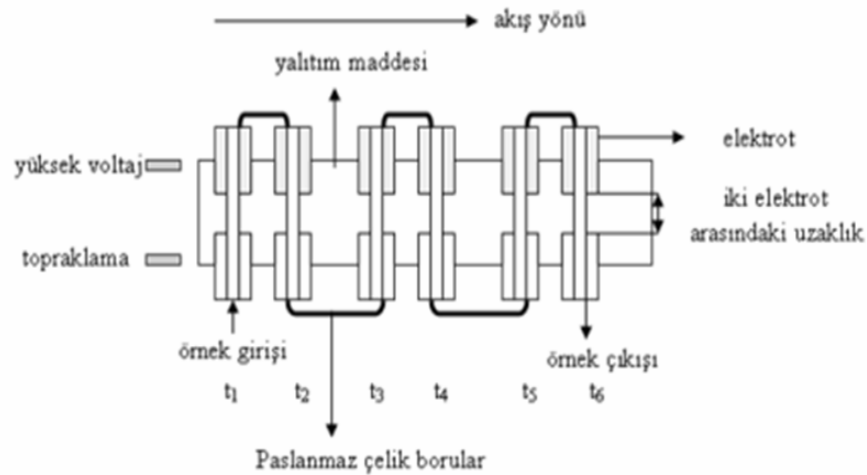
**Kapasitör:** Bu jeneratör düşük seviyedeki enerjiyi gücü yüksek enerjiye çevirir ve PEF sistemine yüksek voltaj sağlar. Düşük seviyedeki voltaj sistemde biriktirilerek depo edilir ve ardından hemen yüksek seviyedeki voltaja çevrilip elektrik akımı olarak üretilir. Üretilen yüksek voltajlı elektrik akımı mikro saniyelik sürelerde uygulama odasındaki gıdaya verilir. Elektrik akımı mikro saniyelik sürelerde gıdaya uygulandığından gıdanın ısınması minimum düzeyde olur (Zhang vd., 1995a).

**Yüksek Akım İşlem Odacıkları:** Uygulama odacıklarının esas görevi gıdaya elektrik akımı vermektir (Şekil 2.2). Odacıklarda karşılıklı olarak yerleştirilmiş elektrotlar bulunur ve materyal bu elektrotlar arasından geçerken yüksek voltajlı elektrik akımına maruz bırakılır. Odacıklar birbirine seri olarak bağlanmış durumdadır ve iki odacık arasında iletimi sağlayan ince borular yerleştirilmiştir. Borular su banyosu içerisine daldırılmış konumdadır ve böylece sistemde fazla ısınma da engellenebilmektedir (Altuntaş, 2007). PEF ile yapılan üretimlerde homojenliği sağlamak için elektrik akımının değişmeyen bir seviyede uygulanması gerekmektedir (Zhang vd., 1994; Fiala vd., 2001). Bu amaç doğrultusunda zaman içerisinde yeni tasarımların gelişmesi ile birlikte uygulama odalarının tasarımı, statik

uygulama odasından sürekli uygulama odalarına doğru değiştirilmiştir (Altuntaş vd., 2008).

#### ***Sıvı Gıdanın PEF Sisteminde Taşınmasını Sağlayan Sıvı Taşıma Sistemi:***

Laboratuvar ölçekli PEF sistemlerinde sıvı taşıma sistemi başlangıç örneği, proses edilecek örnek, proses edilmiş analize alınacak ve atılacak örnekleri içeren örnek kapları, sıvı gıdanın uygulama odacıklarına taşınmasını sağlayan esnek plastik tüpler ile gıdanın yapısına uygun özellikteki, ürünün uygulama odacıklarına iletimini sağlayan bir pompadan oluşmaktadır. Pilot işletmelerde sıvı taşıma sistemi aseptik olarak dizayn edilmiş ürün hazırlama tankları, gaz alma ünitesi, ısı değiştiriciler ve gıdanın sistem içerisinde taşınmasına hizmet eden yarıçapı daha büyük paslanmaz çelik borulardan oluşmaktadır (Altuntaş vd., 2008).



**Şekil 2.2.** Eş zamanlı akış sağlayan sürekli uygulama odacıkları (Evrendilek vd., 2004a).

#### **2.3.2.1 PEF ile Mikroorganizmaların İnaktivasyonu**

PEF uygulamasının mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine etkisi çeşitli şartlara bağlıdır. Bunları; PEF prosesine bağlı faktörler, gıdaya bağlı olan faktörler ve inaktivasyonu hedeflenen mikroorganizmaya bağlı olan faktörler olarak sıralamak mümkündür (Barbosa-Cànovas vd., 1999; Wouters vd., 2001).



PEF prosesine bağlı faktörler; elektrik alanın büyüklüğü, uygulama zamanı, uygulanan atım modeli, atım genişliği, uygulama sıcaklığı, gıdanın akış hızı, yüksek voltaj uygulamasının gerçekleştirildiği odacık sayısıdır (Altuntaş vd., 2008).

**Uygulama süresi:** PEF teknolojisinde uygulama süresinin tanımı belirli zaman dilimindeki atım sayısı ve atım süresi olarak yapılabilir. İki faktörden herhangi bir tanesi artırılırsa uygulama süresi dolayısıyla mikrobiyal inaktivasyon da artış gösterir (Sale ve Hamilton, 1967).

Gıdaya bağlı faktörler; gıdanın vizkozitesi, gıdanın elektrik akım iletkenliği (kondaktivitesi), gıdanın pH'sı ve gıdanın antimikrobiyel madde bulundurup bulundurmaması olarak sıralanabilir (Altuntaş vd., 2008).

PEF uygulamasının mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine etkisinde hedeflenen mikroorganizmaya bağlı faktörler ise mikroorganizmanın büyüklüğü ve morfolojisi, mikroorganizmanın türü (Gram pozitif ve Gram negatif olması), mikroorganizmanın büyüme fazı, mikroorganizma konsantrasyonudur (Altuntaş, 2007).

**Mikroorganizmanın Büyüklüğü ve Morfolojisi:** Genel olarak kabul edilen durum mikroorganizmaların hücre büyüklükleri arttıkça PEF prosesi ile inaktivasyonlarının artacağı şeklindedir. Bu duruma göre basil ve spiraller koklara göre daha kolay inaktive olmaktadır (Altuntaş vd., 2008; Dymek vd., 2014). Ayrıca maya hücrelerinin bakterilere göre daha fazla alana sahip olduklarından elektrik alan uygulamasına karşı daha hassas olmalarına rağmen Gram negatif hücrelerden daha dirençli oldukları yapılan çalışmalarda görülmüştür (Rastogi, 2003).

**Mikroorganizmanın Türü:** Sale ve Hamilton (1967), mikroorganizmaların PEF uygulamalarına hassasiyetlerinin birbirinden farklı olduğunu belirterek, mikroorganizmaları PEF prosesine gösterdikleri dirence veya hassasiyete göre sınıflandırmışlardır. Buna göre PEF prosesinde mayalar bakterilerden ve bakterilerin vejetatif hücreleri spor formlarından daha hassastırlar. Ayrıca, PEF prosesine bakteriler arasında Gram pozitifler Gram negatiflerden daha dirençlidirler (Hülsheger vd., 1983). Gram pozitif bakterilerin gösterdikleri yüksek direncin hücre

duvarlarındaki peptidoglukan tabakasında yer alan teikoik asitle bağlantılı olabileceği düşünülmektedir (Lado ve Yousef, 2002).

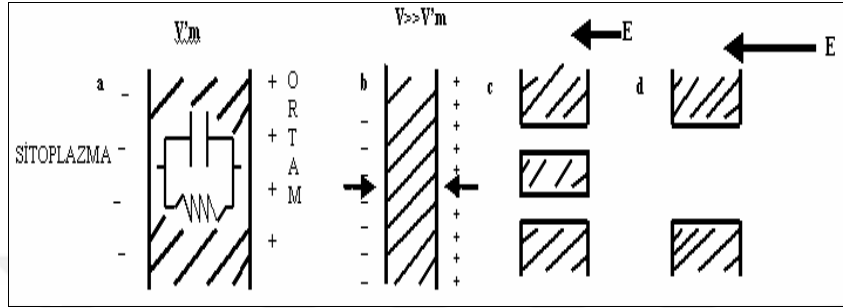
Atımlı elektrik alan prosesi Gram negatif ve Gram pozitif bakterilerin vejetatif hücreleri, küfler ve mayaların inaktive edilmesinde oldukça etkilidir. PEF ile inaktivasyonu çalışılan mikroorganizmalar; *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas fluorescens*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Dublin, *Salmonella* Enteritidis, *Streptococcus thermophilus*, *E. coli*, *E. coli* O157:H7, mayalar ve küfler olarak kısaca özetlenebilmektedir (Barsotti ve Cheftel, 1999; Dunn, 2001; Evrendilek vd., 2004b; Hermawan vd., 2004; Yoem vd., 2004).

**Mikroorganizmanın büyüme fazı:** PEF uygulamalarındaki mikrobiyal inhibisyon başarısı mikroorganizmaların gelişme safhalarından etkilenebilmekle beraber bakteri ve mayaların atımlı elektrik akımına karşı logaritmik faz da durağan faz ve lag fazdan daha duyarlı oldukları bilinmektedir (Pothakamury vd., 1996). Logaritmik faz evresinde hücrelerin bölünme hızları çok yüksek olup metabolik faaliyetler ve enerji harcaması da en yüksek seviyededir. Bu durum elektrik akım uygulamasına karşı mikroorganizmaların dirençlerini azaltarak hücre zarının elektrik akım uygulamasından çok çabuk etkilenmesine sebep olur (Hülshager vd., 1983). *E. coli*'nin de logaritmik faz evresinde diğer evrelere nazaran çok daha hassas olduğu yapılan araştırmalarla elde edilen sonuçlar arasında yer almaktadır (Pothakamury vd., 1996).

**Mikroorganizma konsantrasyonu:** Elma suyunda *S. cerevisiae* ile yapılan bir çalışmada bakteri konsantrasyonundaki artışın inaktivasyon oranını çok az etkilediğini ortaya koymuştur (20 kV/cm elektrik alan, 1 atım, 25 µs atım genişliği) (Qin vd., 1995b). Barbosa-Cánovas vd. (1999), *E. coli* inoküle edilmiş SMUF (simulated milk ultrafiltrate) üzerinde yaptıkları çalışmada ise 70 kV/cm elektrik alan, 16 atım ve 2 µs uygulama zamanı kullanmışlar ve *E. coli* konsantrasyonunun  $10^3$  kob/mL'den  $10^8$  kob/mL'ye çıkarılmasının inaktivasyon oranını etkilemediğini belirtmişlerdir. Gıdadaki mikroorganizmaların konsantrasyonlarının, mikroorganizmaların elektrik alan kullanılarak inaktive edilmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

PEF prosesinin mikroorganizmalar üzerindeki etki mekanizması iki şekilde açıklanabilir. Bunlar; elektriksel yıkım ve elektroporasyondur (Anonim, 2014d).

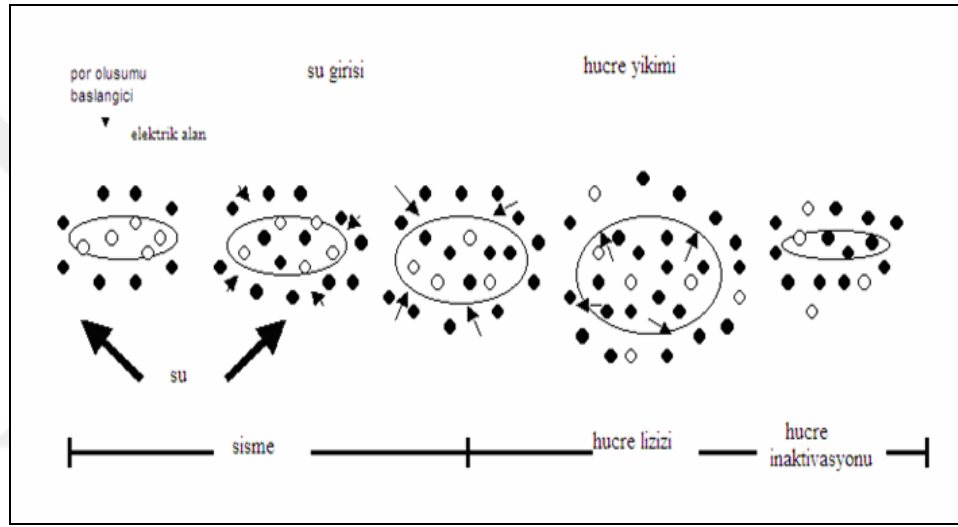
**Elektriksel yıkım:** Zimmermann (1986), hücre inaktivasyonunu hücre zarının elektriksel yıkımı ile açıklamaktadır (Anonim, 2014d).



**Şekil 2.3.** Geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz yıkım teorisinin şematik diagramı (a:  $V_m$  potansiyelli hücre zarı, b: hücre zarı, c: geri dönüşümlü yıkım sonucunda por oluşumu, d: geri dönüşümsüz yıkım ile oluşan büyük çaplı porlar) (Zimmermann, 1986).

Membran dielektrik enerjisi ile doldurulmuş bir kapasitör olarak kabul edilebilir (Şekil 2.3). Hücre zarının içindeki bölgede fosfolipidlerin hidrofobik grupları, yüzeye bakan kısmında da hidrofilik grupları bulunmakta ve akışkan yapıdaki hücre zarını oluşturmaktadır. Hücre zarı içerisinde yer alan proteinler ise zarın hem iç hem dış yüzeyinde mozaik şeklinde dağılmış haldedir. Değişen elektriksel alan şiddeti uygulamalarında nano saniye gibi çok kısa bir sürede iletim kanalları işlevi gören porların oluşumu başlamakta birkaç mikro saniyede ise yüksek iletim gücüne sahip porların oluşumu gerçekleşebilmektedir (Angersbach vd., 2000; Wesierska ve Trziszka, 2007). Normal şartlarda bir bakteri hücresinin hücre içi ve hücre dışı elektriksel yük farklılığına gösterebileceği maksimum direnç 10 kV/cm'dir. Uygulanması gerekli olan elektrik akım şiddeti, hücre boyutu ile orantılıdır. Hücrenin bulunduğu ortamın elektriksel yükünde meydana gelen değişime bakteri hücresi kendini adapte etmeye çalışır. Hücre membranında meydana gelen potansiyel yük artışı membran kalınlığının azalmasına neden olur (Anonim, 2014d).

**Elektroporasyon:** Yüksek voltajlı elektrik akımı uygulanan hücre zarının çift katmanlı lipid tabakası ve protein yapısında geçici olarak meydana gelen bozulma olarak tanımlanabilir (Castro vd., 1993). Elektrik akımı uygulamasıyla yarı geçirgen hücre plazması küçük moleküller için geçirgen bir hal alır. Söz konusu geçirgenlik şişmeye ve son olarak da yapı da parçalanmalara sebep olur. Elektrik akımının mikroorganizmadaki en büyük etkisi membran basıncını artırması ve por oluşumu sebebiyle yapıya geçirgenlik kazandırmış olmasıdır (Şekil 2.4 ) (Vega-Mercado vd., 1996a).



**Şekil 2.4.** Hücre zarı elektroporasyonu (Vega –Mercado vd., 1996a).

Kinosita ve Tsong (1977) tarafından yapılan araştırmada elektrik akımı uygulamasının hücre zarında meydana getirdiği elektroporasyonun iki aşamada meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu aşamaların birincisinde uygulanan voltajla birlikte hücre zarı strese girer ve hücre zarı iyon konsantrasyonunu dengede tutmaya çalışır; ikinci aşama da ise hücre zarı yüzeyinde zamana bağlı olarak porlar şekillenme başlar.

### 2.3.3 Ozon

Yunanca’da koklamak anlamına gelen “Ozein” kelimesinden türetilmiş olan “Ozon”, üç oksijen atomunun bir araya gelmesiyle oluşan gaz halinde bir

moleküldür. Oksijen molekülünün ( $O_2$ ) kararlı haline karşın, ozon ( $O_3$ ) kararsız bir moleküldür. Christian Friedrich Schönbein isimli Alman kimyacı tarafından 1839 yılında keşfedilen ozon, keşfinden sonraki ilk yıllarda dezenfeksiyon amacıyla kullanılmıştır. Renksiz ve keskin kokulu bir gaz olan ozon, 1860 yılında Monaco şehrinin su arıtma tesisinde dezenfeksiyon amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Güçlü okside edici özelliği sebebiyle dezenfekte edici etkisinden yararlanılan ozon, sadece virüs ve bakterileri öldürmekle kalmayıp tüm mikroorganizmalar ve toksinleri de okside edebilir. Ayrıca ozon; fenoller, pestisitler, deterjanlar, kimyasal atıkları ve aromatik bileşikler de etkili bir şekilde nötralize edebilir (Jacqueline, 1981; Bocci, 2004).

Oda sıcaklığında gaz halde bulunan saf ozon, buzdolabı sıcaklığında ise suda çözülmüş halde bulunur. Gaz halde solgun mavi renge sahip olan ozon, sıvı halde ise mavi-siyah renktedir (Kim vd., 2003; Guzel-Seydim vd., 2004a). Normal sıcaklık ve basınçta stabil bir gaz olmayan ozon; kısmen suda çözünen, keskin bir kokuya sahip ve yaygın olarak gıdalarla temas içinde kullanılabilir en güçlü dezenfektanlardan biridir (Muthukumarappan vd., 2000). Kimyasal yapı itibarıyla radikal özellik taşımayan ozon, florin ve persülfattan sonra, bilinen en güçlü üçüncü oksidan maddedir (Bocci, 2006). Saf ozonun temel fiziksel özellikleri Çizelge 2.1’de görülmektedir.

**Çizelge 2.1.** Saf ozonun temel fiziksel özellikleri (Manley ve Niegowski, 1967).

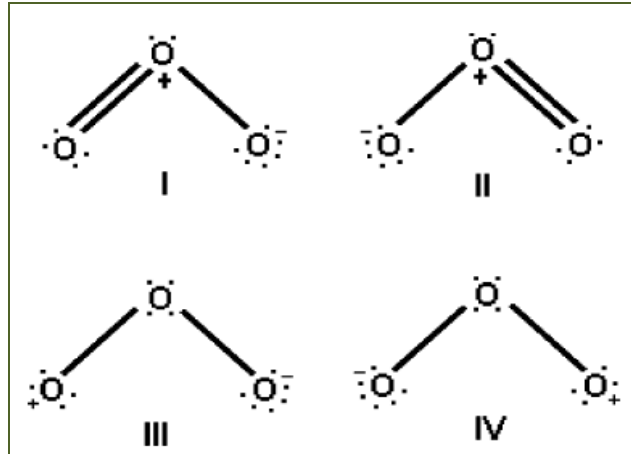
| Ozonun Fiziksel Özellikleri     |            |
|---------------------------------|------------|
| Kaynama noktası ( $^{\circ}C$ ) | -111.9±0.3 |
| Erime noktası ( $^{\circ}C$ )   | -192.5±0.4 |
| Kritik basınç (atm)             | 54.6       |
| Kritik sıcaklık ( $^{\circ}C$ ) | -12.1      |

Ozonun oksitleme potansiyeli 2.07 olup, diğer oksidasyon maddelerine göre oksitleme gücü oldukça yüksektir ve gıda uygulamalarında kullanılması uygun olan en güçlü oksidandır (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2.** Oksidasyon ajanları ve potansiyelleri (Manley ve Niegowski, 1967).

| Oksidasyon ajanı | Oksidasyon potansiyeli (mV) |
|------------------|-----------------------------|
| Flor             | 3.06                        |
| Ozon             | 2.07                        |
| Permanganat      | 1.67                        |
| Klor dioksit     | 1.50                        |
| Hipokloröz asit  | 1.49                        |
| Klor gazı        | 1.36                        |

Üç atom oksijenden oluşan bir oksijen çeşidi olan ozon, bu oksijen moleküllerinin allotropik modifikasyonundan oluşmaktadır. Ozon oldukça kararsız bir moleküldür. Ozon molekülünde, merkezi oksijen atomuna eşit uzaklıkta olan iki adet oksijen atomu bağlanarak üçgen formunda bir yapı meydana gelir. Oluşan bu yapıda bağların uzunluğu  $1.278 \text{ Å}$ , oksijen molekülleri arasındaki açı ise  $116.49^\circ$ dir (Kim vd., 2003; Guzel-Seydim vd., 2004a, 2004b). Ozon molekülünün dört farklı rezonans hibriti vardır (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5.** Ozon molekülünün rezonans yapıları (Oehlschanger, 1978).

Ozon suda kısmen çözünebilir ve çözünürlüğü çeşitli fiziksel parametrelere bağlıdır ve çözünürlüğünü etkileyen en önemli parametre sıcaklık olup Henry-Dalton

sabitlerine göre ozonun çözünürlüğü soğuk suda daha fazladır (Rice, 1986; Kim vd., 2003). Oksijene göre 1.6 kat daha yoğun ve suda çözünürlüğü 10 kat daha fazla olan bir molekül olan ozon, saf suda diğer gazlar gibi Henry kanununa göre çözünür. Çözünmesi ısıya, basınca ve konsantrasyona bağlıdır (Özler vd., 2009).

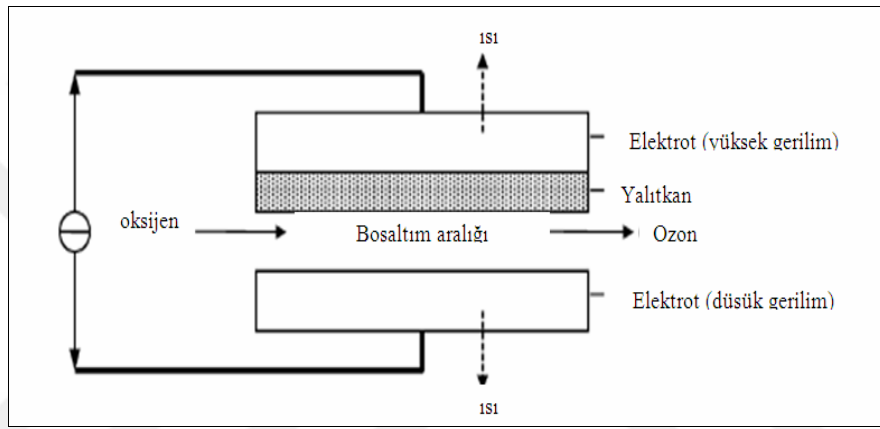
Çözünmüş ozonun stabilitesi konsantrasyona, sulu ortamın pH'sına, UV ışınlarına, türbülans uygulanmasına sıcaklığa, organik maddenin varlığına ve metal iyonlarına bağlı olarak değişmekte olup, ozon gaz halde sıvı halden daha karardır ve buna bağlı olarak gaz halde bulunan ozonun yarılanma süresi sıvı haldeki ozondan daha uzundur (Stumm, 1958; Shecter, 1973; Sease, 1976; Horvath vd., 1985; Rice, 1986; Kim vd., 2003; Uysal ve Evrendilek, 2010).

### **2.3.3.1 Ozon Üretimi**

Atmosferin üst tabakalarında oldukça fazla bulunan ozonun %90'nına yakını, yer yüzeyinden yaklaşık 20-50 km yükseklikte bulunan stratosfer tabakası içinde yer alır ve %10'luk ozon 10-15 km'ler arasındaki troposfer tabakası içinde bulunmaktadır. Atmosferde stratosfer tabakası içinde bulunan ozon, ultraviyole radyasyonunun etkisiyle bir yandan oluşurken, diğer yandan da yok edilmektedir. Bu işlem ultraviyole radyasyonun değişik frekanslarında meydana gelmektedir (Rowland, 2006).

Ozon gazının doğada oluşmasının yanı sıra günümüzde endüstrideki üretimi corona deşarj ozon jeneratörleri ve ultraviyole (UV) ozon jeneratörleriyle sağlanmaktadır. İki sistemde de ilk aşama diatomik oksijen molekülünün parçalanması esasına dayanmakta olup; diatomik oksijen molekülündeki O-O bağlarının parçalanması için gerekli olan yüksek miktarda enerji, UV ışıma ve corona deşarj jeneratörleri tarafından sağlanır. O-O bağının parçalanmasından sonra serbest kalan yüksek oranda reaktif radikal oksijen atomu bir başka diatomik oksijen molekülüyle birleşerek yüksek oranda kararsız triatomik ozon molekülünün oluşmasını sağlar (Guzel-Seydim vd., 2004a; Uysal ve Evrendilek, 2010; Anonim, 2014e).

Corona deşarj ozon jeneratörü, seramik dielektrik ortam ve dar discharge boşluğuyla birbirinden ayrılan, biri yüksek biri düşük gerilime sahip iki elektrodan oluşur (Şekil 2.6). Elektronlar oksijen molekülünü dissosiyedecek kinetik enerjiye ulaştığı anda çarpışmalar meydana gelerek O-O bağlarının parçalanmasını sağlar ve serbest kalan oksijen atomlarının her biri parçalanmamış oksijen molekülleriyle birleşerek ozon gazını meydana getirir (Guzel-Seydim vd., 2004b; Anonim, 2014e). Corona deşarj jeneratöründe ortama saf oksijen verilmesinin hava verilmesinden daha verimli sonuç elde edilmesini sağladığı görülmüştür (Rice vd., 1981).



**Şekil 2.6.** Corona deşarj ozon jeneratörünün şematik diyagramı (Rice vd., 1981).

### **Corona deşarj jeneratörleri iki grupta incelenmektedir;**

**Plaka Tipi Ozon Jeneratörü (Plate Type):** Plaka tipi ozon jeneratörleri düşük enerji tüketimiyle yüksek frekansta çalışması sebebiyle en yüksek verimde ozon üretimi gerçekleştirir ve çok fazla arıza vermediği için günümüz modern teknolojisinde sıklıkla tercih edilmektedir (Anonim, 2014e).

**Tüplü Tip Ozon Jeneratörü:** Tüplü tip ozon jeneratörlerinde kalınlığı plaka tip ozon jeneratörüne göre daha az olan cam ya da seramik tüpler kullanılır. Bunların ortasında bir adet de metal bir tüp bulunur. Cihazların bulunduğu bölümlerde yüksek ısı ve nem oranlarının farklılığı sebebiyle cam tüplerin çatlaması ya da kırılması durumuyla karşılaşılabilir. Bu sebeple tüplü tip jeneratörlerin arıza oranı plaka tipi jeneratörlere göre daha fazladır ayrıca soğutma işlemi yüksek enerji tüketimine sebep olmaktadır (Uysal ve Evrendilek, 2010; Anonim, 2014e).



UV ozon jeneratöründe oksijen atomu 220 nm' den daha kısa dalga boyunda ışık veren UV ampülünün etrafından geçirilir ve parçalanması sağlanır. Bu aşamadan sonra serbest kalan oksijen atomları parçalanmamış oksijen molekülleriyle birleşerek ozon gazını oluşturur. UV jeneratörlerden ozon üretilmesi esnasında enerji tüketiminin fazla olması, üretilen ozon gazının düşük verimli olması ve üretimin fazla maliyet gerektirmesi sebebiyle corona deşarj jeneratörler daha fazla tercih edilmektedir (Guzel-Seydim vd., 2004a; Anonim, 2014e). Ozon gazı hızlı bir şekilde dekompoze olduğundan jeneratörde üretilen ozon depolanıp saklanamamaktadır. Bu sebeple ozonun kullanılacağı ortamda üretilmesi gerekir (Kogelschatz, 1988; Wickramanayaka, 1991; Coke, 1993).

### **2.3.3.2 Ozonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması**

Güçlü bir oksidan olan ozon, mikroorganizmaların hayati işlevi olan hücre bileşenlerinin ileri derecede inaktive olmalarını sağlarken; inaktivasyon mekanizmasındaki ilk hedef hücre zarının yüzeyidir (Guzel-Seydim vd., 2004a). Ozonun hedef mikroorganizmalara karşı iki temel mekanizmayla aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Victorin, 1992). İlk mekanizmada ozon, enzimlerin, proteinlerin, peptidlerin, sülfidril gruplarını ve amino asitlerini oksitleyerek daha kısa peptidlerin meydana gelmesini sağlarken; ikinci mekanizmada ise hücre zarında bulunan, çift bağları ozona karşı oldukça hassas olan doymamış yağ asitlerini oksitleyerek asit peroksitlerin oluşmasını sağlar (Murray vd., 1965; Scott, 1975; Victorin, 1992). Hücre zarındaki yağların degradasyonu sonucunda hücre parçalanır ve hücre bileşenleri hücreden sızar (Guzel-Seydim vd., 2004a).

Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere, maya ve küflere ayrıca virüslere karşı oldukça etkili olan ozonun mikrobiyel etkisi pH, sıcaklık, katkı maddeleri ve organik madde miktarına bağlı olarak değişmektedir (Restaino vd.,1995). Ozon aynı koşullarda Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere uygulandığında, Gram pozitif bakterilerin sadece hücre duvarı dışındaki bazı mukoid materyelleri kaybettiği; Gram negatif bakterilerin ise parçalanmaya ve hücre bileşenlerini kaybetmeye daha fazla eğilimli olduğu görülmüştür. Buna göre aynı koşullarda gerçekleştirilen ozon uygulamasının Gram pozitif bakterilerinin hücre duvarında daha az değişikliğe neden

olduğu söylenebilmektedir. Ancak ozon Gram pozitif bakterilerin hücre içi bileşenlerinin hasar görmesine sebep olarak etkili bir inaktivasyon sağlanmaktadır (Kim, 1998). Gram negatif bakterilerde ise lipopolisakkarit ve lipoprotein tabakalarının yıkılmasına neden olduğu görülmüş ve bu tabakaların yıkılmasına bağlı olarak hücrelerin geçirgenliği artarak lizis meydana gelmiştir (Kim vd., 1999). Ozon uygulamasının etkinliğini artırmak için farklı uygulamalarla kombinasyonları yapılabilmekte ve söz konusu kombinasyonlarla oksidasyon prosesinin geliştirilmesi sağlanarak dezenfeksiyon uygulaması yapılan ürünlerin gösterdiği direncin aşılması aynı zamanda bakterisidal aktivitenin ozonun tek başına kullanıldığı duruma göre artması sağlanabilmektedir (Kim vd., 2003).

## **2.4 Atımlı Elektrik Alanı, Ozon ve Ultrasonikasyonla Yapılan Çalışmalar**

Atımlı elektrik alanı, ozon ve ultrasonikasyon teknolojileri geliştirmekte olan teknolojiler olduklarından bu teknolojilerin potansiyellerinin belirlenmesi için mikrobiyel inaktivasyon, pestisit dekompozisyonu ve ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla farklı ürünlerde proses yapılmıştır.

Chen vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada 13 °Brix'lik elma suyuna methamidophos ve chlorpyrifos pestisitlerinin her birinden (2-3 mg/L) ölçüsünde katılmış ve PEF uygulanarak pestisit kalıntıları GC-FPD ile ölçülmüştür. Uygulanan 8-20 kV/cm elektrik alan şiddeti ve 6-26 atım sıklığının methamidophos ve chlorpyrifosun degradasyonunda önemli etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. PEF uygulamasının elma suyundaki kalıntıların degradasyonunda etkili olup chlorpyrifosun methamidophostan çok daha hassas olduğu belirtilmiştir. Ayrıca atım sıklığı ve elektrik alan şiddetindeki artışın methamidophos ve chlorpyrifosun degradasyonunu hızlandırıyor olabileceği ve kinetik denklemler ve kantitatif analiz parametrelerinin pestisitlerin bozulma davranışıyla karakterize edilebileceği belirlenerek tüm uygulamalardaki deneysel veriler içinde üstel modelin doğrusal modelden daha uygun olabileceği tespit edilmiştir.

Zhang vd. (2012) Çin’de tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan halk sağlığını tehdit edici hale gelen organik fosforlu pestisitler ve bunların gıda ürünlerinde bıraktıkları kalıntılarıyla ilgili araştırma yapmış, çalışmada diazinon ve dimethoate eklenen elma suyuna PEF uygulamasının etkisi incelenmiştir. 20 kV/cm elektrik alan şiddeti ve 260 µs parametrelerinin uygulandığı proseste maksimum degradasyon diazinon (% 47.6) ve dimethoate (% 34.7) olduğu ve elektrik alan şiddeti ve uygulama zamanının bozunmayı yüksek oranda etkilediği tespit edilmiştir. PEF uygulamasının elma suyundaki diazinon ve dimethoate kalıntılarını elimine ederek toksisiteyi azaltmada etkili olabileceği bildirilmiştir.

Vega-Mercardo vd. (1996b) *E. coli* ve *B. subtilis* veya her iki mikroorganizma karışımını  $10^7$  kob/mL miktarında bezelye çorbasına inoküle etmiş ve ardından 25, 28, 30 ve 33 kV/cm elektrik alan şiddeti uygulamışlardır. Sürekli uygulama odalarının içinde akış hızı 0.5 L/dak veya 0.75 L/dak, her geçişte 10 veya 15 darbe atımını gerçekleştirmek için atım sayısı 2.9, 4.3 ve 6.7 Hz olarak ayarlanmıştır. Elektrik alan şiddeti, atım sayısı ve atım genişliği arttıkça bezelye çorbasının içinde süspansiyon hale getirilmiş *E. coli* ve *B. subtilis* inaktivasyonunun arttığı görülmüştür. *E. coli*’de 33 kV/cm, 0.5 L/min, 4.3 Hz ve 30 atım parametreleri sonrasında 6.5D’ lik azalma gözlenirken; bu değer *B. subtilis* için 5.3 D olarak kaydedilmiştir. Diğer yandan söz konusu mikroorganizmaların karışımını içeren bezelye çorbasına 6.7 Hz, 0.75 L/dak ve 30 kV/cm parametrelerinde PEF uygulaması gerçekleştirildiğinde 4.8D’ lik bir azalma belirtilmiştir.

Evrendilek vd. (1999) çalışmalarında elma suyuna *E. coli* O157:H7 ve *E. coli* 8739 inoküle edilerek her parametre için uygulama sıcaklığını 35°C’nin altında tutarak elma sularını PEF ile proses etmişlerdir. İki bakteri farklı elektrik alan şiddeti (18, 22, 26 ve 30 kV/cm) ve farklı uygulama sürelerinde (86, 115, 144 ve 172 µs) maruz bırakılmış ve iki kültürde de 5 log kob/mL inhibisyon gözlenmiştir. *E. coli* O157:H7 ve *E. coli* 8739’nin PEF uygulamasına karşı duyarlılıkları arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Gupta vd. (2005)’ nin yaptıkları çalışmada yaban mersini suyuna *E. coli* inoküle edilmiş, bu mikroorganizmanın PEF ile inaktivasyonunun araştırıldığı çalışmada amacın toplam mikroorganizma sayısında en az 5 log kob/mL inaktivasyon elde edilmesi olduğu bildirilmiş ve 60 µs’lik uygulama süresine ve 5-40

kV/cm'lik elektrik akım şiddetine maruz bırakılan *E. coli* inoküle edilen yabamersini suyunun 80 s uygulama süresi boyunca sıcaklığın en fazla 2°C yükseldiği gözlenmiştir. PEF teknolojisi kullanılarak işlenen gıdalarda doğal tatta bir kayıp olmadığı ve süt, sıvı yumurta ve meyve sularının raf ömrünün iyileştirilmesi açısından yeni bir teknoloji olduğu rapor edilmiştir.

Evrendilek vd. (2008) vişne suyu, kayısı ve şeftali nektarlarına inoküle edilen *Penicillium expansum* üzerine PEF'in inhibitör etkisi, çimlenme tüpünde uzama, spor çimlenme oranı ve ışık taramalı elektron mikroskobu (SEM) gözlemlerine dayanarak belirlenmiştir. Başlangıçta  $10^5$ - $10^6$  kob/mL miktarında inoküle edilen *P. expansum* sporu içeren meyve suyu/nektarları (0, 13, 17, 20, 23, 27, ve 30 kV/cm) farklı elektrik alan şiddeti ve (0, 62, 94, 123, 163, 198 ve 218  $\mu$ s) farklı işlem sürelerinde PEF ile proses edilmiştir. Elektrik alan şiddeti ve proses zamanında artışla birlikte çimlenme tüpü uzaması ve spor çimlenme oranında tamamen inhibisyon meydana gelmiştir. Işık ve SEM araştırmalarında fungus konidiyolarında sitoplazmik koagülasyon vakuolleşme, büzülme ve protoplast sızıntı gibi önemli morfolojik değişiklikler saptanmıştır. PEF prosesinin meyve suyu ve nektarlarda *P. expansum* inaktivasyonunda etkili olduğu gözlenmiştir. Bahsedilen çalışma meyve suyu ve nektarlarda *P. expansum* çimlenme tüpü uzaması ve spor çimlenme oranı üzerine PEF'in inhibitör etkisinin teyit edilen ilk çalışma olması bakımında önemlidir.

Walkling-Ribeiro vd. (2009)'nın yaptıkları çalışmada termosonikasyon (TS) ve PEF kombinasyonunun *S. aureus* (SST 2.4) inaktivasyonu ve portakal suyunun belirlenmiş kalite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrol grubu olarak geleneksel pastörizasyon metodunun (HTST 94°C 26 s) kullanıldığı çalışmada TS (10 dak 55°C) ve PEF (40 kV/cm 150 $\mu$ s) kombinasyonu uygulanmıştır. *S. aureus* inaktivasyonunda TS ve PEF kombinasyonlu uygulamada geleneksel pastörizasyon metoduna kıyaslanabilir bir başarı elde edilmiştir. TS ve PEF uygulamalarının kombinasyonun HTST uygulamasına kıyasla portakal suyunun pH, kondaktivite ve °Briks'te bir etkiye sebep olmadığı, rengi üzerine hafif bir etkisi olduğu gözlenmiştir. HTST ile enzimatik olmayan esmerleşme içeriği anlamlı yönde etkilenirken, TS ve PEF uygulamaları kombinasyonunda bir değişim gözlenmemiş, portakal suyundaki askorbik asit miktarının korunumu kombinasyonlu uygulamada hemen hemen sağlanabilmişken (% 96); HTST prosesi sonrasında askorbik asit miktarının daha

düşük olduğu görülmüştür. PEF uygulamasında elektrik alan gücü ve uygulama zamanının arttırılmasıyla pektin metil esteraz (PME)'ın kalıntı aktivitesi düşerken; PEF ve TS kombinasyonlu uygulamada enzimin kalıcı aktivitesinin HTST'ye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (% 12.9-5.0).

Aslansoy (2012) tarafından farklı parametrelerde suda çözünmüş ozonun chlorothalonil, chlorpyrifos ethyl, tetradifon pestisitlerinin yıkımı üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada materyal olarak Interdonato cinsi limonlar kullanılmıştır. Şebeke suyuna yapılan 3, 6 ve 9 dak uygulamalarda chlotothalonil için kabuklu örneklerde % 17-30, kabuksuz örneklerde % 26-35 oranları arasında; chlorpyrifos ethyl için kabuklu örneklerde % 16-27 kabuksuz örneklerde % 25-36 oranları arasında; tetradifon için kabuklu örneklerde % 11-22, kabuksuz örneklerde % 14-100 oranları arasında uzaklaştırma belirlenmiştir. Yapılan 3, 6 ve 9 dak ozonlu su (2, 4 ve 8 mg/L) uygulamalarında chlotothalonil için kabuklu örneklerde % 28-92, kabuksuz örneklerde % 70-89 oranları arasında; chlorpyrifos ethyl için kabuklu örneklerde % 18-82; kabuksuz örneklerde % 7-89 oranları arasında; tetradifon için kabuklu örneklerde % 16-95, kabuksuz örneklerde ise % 14-100 oranları arasında parçalanmalar tespit edilmiştir.

Barth vd. (1995)' nin çalışmasında hasat edilen böğürtlenler 0.0, 0.1 ve 0.3 ppm ozon uygulamasına tabii tutulmuştur. Böğürtlenler 2°C sıcaklıkta 12 gün depolanmıştır. Kontrol meyveleri % 20 çürüme gösterirken ozon verilerek depolanan böğürtlenlerin küf gelişiminin durduğu gözlemlenmiştir.

Kim vd. (1999) tarafında yapılan çalışmada doğranmış marullara mezofilik ve psikrofilik bakteriler inoküle edilmiş ve beş dakika 1.3 mM ozon konsantrasyonuna sahip su ile yıkanmıştır. Sonuç olarak mezofilik bakterilerde 3.9 log birimlik, psikrofilik bakterilerde 4.6 log birimlik azalma tespit edilmiştir.

Achen ve Yousef (2001) tarafından yapılan çalışmada *E. coli* O157:H7 ile kontamine edilen elmalara 21-28 mg/L sulu ozon uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonunda *E. coli* O157: H7 sayısının 2.6-3.7 log birim azaldığı gözlenmiştir. Uygulama sıcaklığının artışına bağlı olarak bakteri ölüm hızında artış olduğunu belirtilmiştir. Guzel-Seydim vd (2004b)' nin yaptıkları çalışmada ozonun bakteriyel popülasyonu azaltmadaki etkisini farklı gıda komponentlerini kullanarak

incelenmiştir. On dak'lık ozon uygulamasının ardından farklı gıdalara *Bacillus cereus* sporları, *Staphylococcus aureus* ve *E. coli* inoküle edilmiştir. Gıdaların farklılığına göre sırasıyla *E. coli* popülasyonunda 1.98-6.11 logaritmik birim, *S. aureus* sayısında 1.02-6.48 logaritmik birim, spor popülasyonunda da 0.24-4.93 logaritmik birim azalma tespit edilmiştir.

Tiwari vd. (2008) ozonun portakal suyu üzerindeki ana etkilerini ve renk degradasyonu araştırmak için yüzey tepki metodolojisi kullanılmıştır. Gaz akış oranının kontrol değişkenleri (0-0.25 L/dak) ozon konsantrasyonu (1.2- 4.8 % w/w) ve uygulama zamanı (2-10 dak) parametreleri kullanılmıştır. Öngörülen modellerin regresyon katsayılarıyla (0.97, 0.97, 0.99, 0.99, 0.99 ve 0.98) sırasıyla  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , kroma, TCD ve hue ile anlamlı ( $p < 0.001$ ) olduğu bulunmuştur. Renk parametrelerinin model denklemleri kullanılarak tahmini değerlerinin deneysel verilerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Gaz akış hızı, ozon konsantrasyonu ve uygulama süresi renk bozulmasını etkileyen kritik faktörler olarak bulunmuştur.

Tiwari vd. (2009a)' nin çalışmasında ozon konsantrasyonu ve uygulama zamanının taze böğürtlen suyunun rengine ve antosiyanin içeriğindeki etkisini araştırmak için yüzey tepki metodolojisi kullanılmıştır. Ozonun sabit gaz akış hızında kontrol değerleri (0-7.8 % w/w), ozon konsantrasyonu ve uygulama zamanı (0-10 dak) parametreleri belirlenmiştir. Öngörülen modellerin regresyon katsayıları ( $R^2$ ) (0.89, 0.82, 0.95, 0.86 ve 0.97) sırasıyla  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , TCD ve toplam antosiyanin miktarı değerleri ile ( $p < 0.001$ ) anlamlı olduğu gözlenmiştir. Ozon konsantrasyonu ve uygulama zamanının toplam antosiyanin miktarı ve renk degradasyonunu etkileyen kritik faktör olduğu bildirilmiştir.

Tiwari vd. (2009b) çilek suyu örneklerini (% 1.6-7.8 w/w) ozon konsantrasyonu ve (0-10 dak) uygulama zamanları parametrelerinde ozon ile muamele etmişlerdir. Proses değişkenlerinin toplam askorbik asit miktarı, toplam antosiyanin miktarı ve renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) üzerine etkileri tespit edilmiştir. Verilen % 7.8 w/w ozon konsantrasyonu ve 10 dak uygulama zamanında proses parametrelerinde (% 98.2 w/w) toplam antosiyanin içeriğinde ve (% 85.8 w/w) toplam askorbik asit miktarında önemli azalmalar gözlenmiştir. Işık değerindeki ve toplam renk farklılık değerlerindeki değişiklikler sıfırıncı derece kinetiği ile iyi düzeyde ilişkilendirilmiş buna karşın  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri birinci derece kinetiğe

uygunluk göstermiştir.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve TCD için hız sabitleri ozon konsantrasyonu ile doğrusal ilişkili, toplam antosiyanin miktarı ve toplam askorbik asit miktarı ile üstel ilişkili bulunmuştur.

Sung vd. (2014)' nin çalışmasında elma suyuna ozon ve sıcaklık uygulamalarının kombinasyonunun *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium ve *Listeria monocytogenes*'in inaktivasyonuna etkileri araştırılmıştır. Elma suyuna bu üç patojen inoküle edilmiş gaz halinde bulunan ozon ve ısı kombinasyonu ile 1 dak boyunca muamele edilmiştir. Ozon gazı uygulaması 3.0 L/dak akış oranı 2.0-3.0 g/m<sup>3</sup> konsantrasyonunda ve 25, 45, 50 ve 55°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Uygulama sıcaklığı 25 °C'den 55°C'ye kadar yükseltildiğinde tüm örneklerde kalan patojenlerin popülasyonlarında azalma gözlenmiştir. Sadece sıcaklık uygulaması yapıldığında elma suyuna inoküle edilen *E. coli* O157:H7'de 25, 45, 50 ve 55°C sıcaklıklarda sırasıyla 0.20, 0.37, 2.16 ve 2.54 log kob/mL azalma tespit edilmiştir. Ozon ve ısı'nın 1 dak kombinasyonu bu patojeni 25 ve 45°C sıcaklıklarda sırasıyla 1.50 ve 1.60 log kob/mL düşürmüş ve tespit limiti 50 ve 55°C'de (1 log kob/mL) belirlenmiştir. Elma suyunda patojenlerin inaktivasyonu üzerine ozon ve 50°C sıcaklık uygulamasının sinerjist etkisi gözlenirken, *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes*'in inaktivasyonunun *E. coli* O157:H7 ile benzer olduğu belirlenmiştir. Elma suyuna sadece ısı ve ısı+ozon kombinasyonunun uygulanmasının Hunter renk değerleri üzerine anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Uygulama yapılan tüm örneklerdeki atık ozon konsantrasyonunun (<0.4 mg/L) kabul edilebilir seviyelere indirgenebilmiştir. Ozon ve ısı uygulamasının kombinasyonunun elma suyunun kalitesini korurken patojenlerin inaktivasyonunda önemli ölçüde etkili olabileceği tespit edilmiştir.

Valero vd. (2007) farklı işlem koşulları altında ultrason ve geleneksel ısısal metodlar kullanılarak portakal suyu içerisindeki mikroorganizmaların inaktivasyonu ve daha sonraki gelişim potansiyalleri araştırılmıştır. Ultrasonun 500 kHz, 240 W ve 15 dak koşulları altında uygulamasıyla 1.08 log kob/mL seviyesinde bir inaktivasyon sağlanmasıyla birlikte; 5-12 °C sıcaklık koşulları ve 14 gün depolama süresinde portakal suyunun alt kısımlarında mikrobiyel gelişme gözlenmiştir. Meyve suyu içerisinde pulp yer almasının mikroorganizmaların ultrasona karşı direncini yükselttiğini göstermiştir. 3000 L/saat akış miktarındaki sürekli ultrasonik

uygulamalardan sonra mikrobiyel yükte ihmal edilebilir seviyede bir düşüş sağlanmış, meyve suyu kalite özellikleri üzerine (limonin içeriği, kahverengi pigmentleri ve rengi) ultrasonun zararlı etkileri bulunmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle, portakal suyundaki başlangıçta yer alan bakteri, maya ve küf konsantrasyonunun düşük olmasının sağlanması, gıda kaynaklı patojenlerin gelişiminin önlenmesi ve daha fazla antimikrobiyel potansiyel sağlanması için ultrasonun diğer proseslerle kombinasyonun kullanılması gerekli olabileceği bildirilmiştir. Bu tür kombinasyonların endüstriyel kullanım için uygun olup olmadığının daha fazla araştırılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir.

Cao vd. (2010a) çilek meyvesinin bozulması ve fizyolojik kalitesi üzerine ultrason uygulamalarının etkileri incelenmiş, bunun için hasat edilmiş taze çileklere 20°C'de 10 dak ve farklı frekanslarda (0, 25, 28, 40 ve 59 kHz) ultrason uygulaması yapılarak meyveler 5°C'de 8 gün süresince depolanmıştır. Ultrasonun 40 kHz'de uygulamasının çileğin çürümeye olan eğilimini ve mikroorganizma sayısını önemli ölçüde azalttığı gözlenirken; uygulama sonrasında ürünlerdeki toplam çözünür kuru madde, titrasyon asitliği ve başlangıç C vitamini miktarını önemli düzeyde korunduğu belirlenmiştir. Yapılan 25 ve 28 kHz ultrason proseslerinin çilek meyvesinin bozulması ve kalitesi üzerine önemli olmayan düzeyde bir etkiye sahip olduğu bildirilirken, ultrason uygulamalarının çilek meyvesinin raf ömrünü uzatma ve kalitesini koruma potansiyeline sahip olabileceği gözlenmiştir.

Adekunte vd. (2010) meyve sularında bozulma etmeni olan ilgili mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için ultrason kullanmışlar ve çalışmada domates suyu farklı titreşim genliğinde (24.4 -61.0  $\mu\text{m}$ ), sabit frekansta (20 kHz), 2-10 dak uygulama zamanında, 5s açık ve 5 s kapalı tutularak ses dalgalarına maruz bırakılmıştır. Hunter renk değerleri (L, a, b), pH, °Briks, titrasyon asitliği, toplam C vitamini miktarı ve toplam maya inaktivasyonu ölçülmüş ve pH, °Briks ve titrasyon asitliğinde önemli bir değişim ( $p < 0.05$ ) olmadığı gözlenmiştir. Hunter renk değerlerinin kritik kalite parametreleri için model tahminleri, askorbik asit ve maya inaktivasyonu ile elde edilen deneysel sonuçlar ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.

Cao vd. (2010b)' nin çalışmalarında hasat edilmiş taze çileklere 250'den 450W'a kadar 40 kHz sabit frekansta farklı zamanlarda (5-15 dak) ultrasonik



dalgalar uygulanmıştır. Ultrasonik uygulamaların bozulma insidantı, mikrobiyel popülasyon ve çileklerin kalitesinin korunması üzerine optimizasyonu araştırılmıştır. Yüzey tepki analizine göre optimum uygulama parametreleri 250W ultrasonik güç ve 9.8 dak uygulama zamanı olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda işlem görmüş çileklerin bozulma oranı ve kalite parametreleri 5°C’de 8 gün depolanan su uygulaması içindeki çileklerle karşılaştırılmıştır. Ultrason uygulamasının çilekte bozulmanın inhibe edilmesinde ve kalitesinin korunmasında etkili olduğu gözlenerek elde edilen sonuçların çilek meyvesinin kalitesini koruma ve ürünün raf ömrünü uzatmak için alternatif bir metod olabileceği bildirilmiştir.

Yang vd. (2011)’ nin yaptıkları çalışmalarında ultrason (40 kHz, 10 dak) ve salisilik asit (0.05 mM)’in ayrı ayrı veya bu uygulamaların kombinasyonunun şeftali meyvesinde mavi küf oluşumuna sebep olan *P. expansum* üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar ultrasonun tek başına uygulamasının bir etkisi olmadığı, salisilik asitin tek başına uygulanmasının ise mavi küf oluşumunu azaltabileceği gözlenmiştir. Ultrason ve salisilik asit uygulamalarının kombinasyonlarının ise depolama esnasında fungal bozulmayı inhibe etmede sadece salisilik asit uygulamasından daha etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kombinasyonlu uygulamaların 20 °C’ de 6 gün sonra da şeftali meyvesinin kalite parametreleri üzerine zarar vermediği gözlenmiştir. Ultrason ve salisilik asitin kombinasyonlu uygulamalarının şeftalide mavi küf oluşumunu azaltan yararlı bir teknik olabileceği bildirilmiştir.

Kırmusaoğlu (2013)’ nun çalışmasında elma, dağ çileği ve böğürtlen sularındaki patojenik türleri (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* spp.) inaktive etmek için yalnızca hardal tohumu, yalnızca ultrasonikasyon ve hardal tohumu ve ultrasonikasyon kombinasyonları kullanılmıştır. 24 kHz frekansındaki ultrasonikasyonun % 90 genliği ve 0.6 g/L hardal tohumunun bileşiminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir olumsuz etki göstermeden dağ çileği ve böğürtlen suyuna inoküle edilen gıda patojenlerine karşı etkili olduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda PEF, ultrasonikasyon ve ozon uygulamalarının bazı meyve veya meyve suları üzerine birtakım çalışmaları yapılmış olmasına rağmen; tüketici tarafından tercih edilen vişne suyuna bu prosesler ve kombinasyonlarının pestisit dekompozisyonu konusu üzerinde çalışmaları sınırlı kalmıştır. Bu çalışma

kapsamında söz konusu teknolojilerin vişne suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri, mikrobiyel inaktivasyonu ve pestisit dekompozisyonu üzerine etkisi ve duyuusal değerdendirmelerin incelenmesi hedeflenmektedir.



### **3. MATERİYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Vişne Suyu**

Araştırmada kullanılan vişne suyu konsantre halde Dimes Gıda San. ve Tic. Anon. Şti'den (Tokat, Türkiye) temin edilerek 13°Briks derecesine kadar saf su ile rekonstitüe edilip hazırlanmıştır.

##### **3.1.2 Bakteri ve Fungus Kültürleri**

Araştırmada kullanılan *Escherichia coli* O157:H7 (EDL 931 040504) kültürü Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Ulusal Tıp Refik Saydam Kültür Koleksiyonu (RSKK) Laboratuvarı'ndan (Ankara, Türkiye) liyofilize formda satın alınmıştır. *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas syringae* subs. *syringae* enfekte edilmiş bitki örneklerinden *Penicillium expansum* ise portakaldan izole edilmiştir ve bu izolat Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvarları'ndan (Hatay, Türkiye) temin edilmiştir.

##### **3.1.3 Pestisitler**

Çalışmada kullanılmak üzere kiraz/vişne bahçe ilaç uygulamalarında yaygın olarak kullanılan chlorpyrifos ethyl, tau-fluvalinate, cyprodinil, pyraclostrobin, malathion pestisitleri seçilmiştir. Özel sertifikalı pestisit standartları Sigma-Aldrich (Munich, Almanya)'den temin edilmiştir. Pestisitlerin grubu, sınıfı, molekül formülü ve CAS numarası Çizelge 3.1 'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan pestisitlerin özellikleri

| Pestisit                  | Grubu      | Sınıfı            | Molekül formülü                                                                | Kayıt numarası (CAS) |
|---------------------------|------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Chlorpyrifos ethyl</b> | İnsektisit | Organik fosforlu  | C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS              | 2921-88-2            |
| <b>Tau-fluvalinate</b>    | İnsektisit | Sentetik pretroid | C <sub>26</sub> H <sub>22</sub> ClF <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 102851-06-9          |
| <b>Cyprodinil</b>         | Fungisit   | Pirimidinamin     | C <sub>14</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub>                                 | 121552-61-2          |
| <b>Pyraclostrobin</b>     | Fungisit   | Strabilurin       | C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> ClN <sub>3</sub> O <sub>4</sub>                | 175013-18-0          |
| <b>Malathion</b>          | İnsektisit | Organik fosforlu  | C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> O <sub>6</sub> PS <sub>2</sub>                 | 121-75-5             |

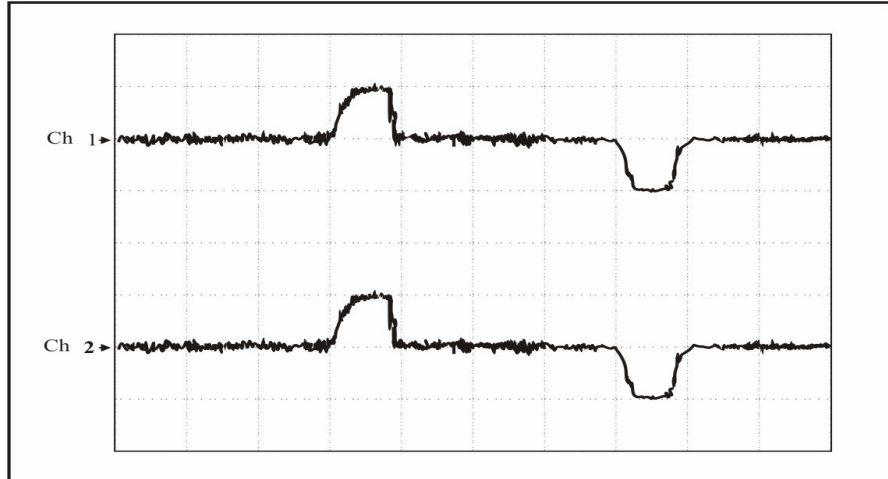
#### 3.1.4 Atımlı Elektrik Alan Jeneratörü

Deneylerde laboratuvar ölçekli sürekli OSU-4A PEF sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.1). PEF atım jeneratörüne monte edilmiş ve birbirine paralel olarak bağlanmış 0.23 cm çap ve birbirlerinden 0.292 cm uzaklığa sahip elektrotları içeren elektrik akımı ve gıdanın birbirine paralel olarak akışını sağlayan 6 adet uygulama odacığı ürünün prosesinde yer almıştır. Her bir uygulama odacığından önce ve sonra sıvı örneğin uygulama odacıklarına taşınımını sağlayan ince paslanmaz çelik boruların dış kısmına yerleştirilmiş olan K-tipi sıcaklık ölçüm cihazları ile giriş ve çıkış sıcaklıkları ( T2-T1, T4-T3 ve T6-T5) ölçülmüştür (Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, ABD). Uygulanan elektrik akımının frekansı, her bir atımın dalga genişliği ve ard arda gelen iki dalga arasındaki genişlik atım jeneratörü (Model 9310 Pulse Generator, Quantum Composer Inc., Bozeman, MT, ABD) vasıtasıyla ayarlanmıştır.



**Şekil 3.1.** Laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF sistemi.

Denemelerde iki kutuplu kare dalga boyu uygulanmış ve uygulanan dalga boyunun elektrik akım şiddeti ve akıma karşı oluşturulan direnci osiloskop vasıtasıyla ölçülmüştür (Model TDS 210 Two Channel Digital Real Time Oscilloscope, Teknotronix Inc., Beaverton, OR, ABD) (Şekil 3.2). Gıdanın sabit akış hızında uygulama odacıklarına taşınımı için dişli pompa (EW-07002-23 model, Cole Palmer, Inst., Company, Vernon Hills, IL, ABD) kullanılmıştır.



**Şekil 3.2.** Çift kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik atım dalgasının osiloskop görüntüsü (Ch1: voltaj, Ch2:akım)

### 3.1.5 Ultrasonikasyon Cihazı

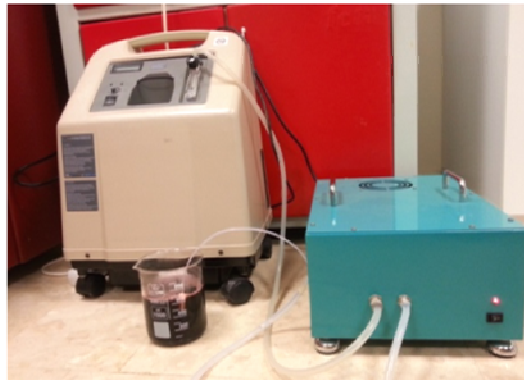
Çalışmada Bandelin Sonorex markalı (RK 510H modeli) 35 kHz frekanslı, 160/640W performanslı, 2.5 A anlık tüketimi olan, 230V~50/60 Hz şebeke gerilimi özelliklerine sahip ultrasonikasyon cihazı (Berlin, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ultrasonikasyon cihazı

### 3.1.6 Ozon Jeneratörü

Deneylerde OXYTIME markalı 7F 5 mini modelinde 230 VAC voltaja sahip, 2A akımlı ve 1L/dak O<sub>3</sub> akış oranı özelliklerine sahip ozon jeneratörü (Ankara, Türkiye) kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ozon jeneratörü

## **3.2 Yöntem**

### **3.2.1 Pestisit Analizi**

#### **3.2.1.1 Pestisit Standartlarının Hazırlanarak Vişne Suyuna İnokülasyonu**

Saflikları %92-98 olan özel sertifikalı pestisit standartları (Çizelge 3.1) Sigma-Aldrich (Munich, Almanya)'den satın alınıp her bir pestisit için asetonitril Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA.) kullanılarak 1000 mg/L konsantrasyonda (w/v) stok standart çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler üç aydan fazla olmamak koşuluyla -18°C'de muhafaza edilmiş ve proses öncesi 50 ppm konsantrasyonda olacak şekilde her bir pestisit ayrı ayrı vişne suyuna inoküle edilmiştir. Pestisit inokülasyonundan sonra örnekler bekletilmeden proses edilmiştir.

#### **3.2.1.2 Numunelerin Hazırlanması**

Vişne suyu örnekleri standart QuEChERS yöntemine göre bazı değişiklikler yapılarak yakma işlemi uygulanmadan analiz edilmiştir (Anastassiades vd., 2003). Homojen olarak alınan 15 mL vişne suyu örnekleri 50 mL teflon santrifüj tüpü içinde tartılmış ve üzerine 15 mL asetonitril-asetikasit (99:1 v/v), 6 g magnezyum sülfat ve 1.5 g sodyum asetat ilave edilmiştir. Elde edilen karışım 1 dak boyunca vortekslenip (Nüve NM-110, Ankara, Türkiye) karışımı sağlanmıştır. Daha sonra elde edilen karışım 2 dak boyunca 5000 rpm'de (Eppendorf 5804, Hamburg, Almanya) santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen örneğin üst fazından 8 mL alınarak 1.2 g MgSO<sub>4</sub> ve 0.4 g PSA (Primary Secondary Amine) içeren 15 mL'lik santrifüj tüpüne aktarılıp, karışım 2 dak boyunca 5000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Santrifüjlemeden sonra, üst faz LC-MS/MS analizi için 1.5 mL hacmindeki vialle aktarılmıştır.

### 3.2.1.3 LC-MS/MS ile Analiz

Pestisitlerin analizinde LC-20 AD model gradient pompa (Shimadzu, Japonya), oto örnekleme sistemi (SIL-20 AHT, Shimadzu, Japonya), degasser (DGU-20 A<sub>3</sub>, Shimadzu, Japonya) ve kolon fırını (CTO-10AS VPI, Shimadzu, Japonya) ile eşleşmiş Turbo V elektro sprey iyonlaştırma (ESI) prensibi ile çalışan 3200 LC-MS/MS sistemi (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) kullanılmıştır. Analitik saflıkta (% 99) üretilen (Peak Scientific, Billerica, MA, ABD) azot gazı ve çarpışma hücreleri ESI kaynağı içinde kullanılmıştır.

Kromatografik ayırma 30°C’de bir Intersil ODS-4 kolonunun üzerinde (50 mm x 2.1 mm i. d. , 3µm partikül büyüklüğü) (GL SciencesInc., Tokyo, Japan) gerçekleştirilmiştir. Bu kolon bir Fusion-RP guardcolumn (4 mm x 2.0 mm i. d., 3µm partikül büyüklüğü) kolonuna (Phenomenex, Torrance, CA, USA) bağlanmıştır. Elde edilen örnek ekstraktının 15 µL’lik kısmı cihaza enjekte edilmiş ve mobil faz olarak çözücü A (5 mM su içerisinde amonyum format) ve çözücü B (5 mM methanol içerisinde amonyum format) kullanılmış ve akış hızı 0.5 mL/dak olarak ayarlanmıştır. Akışta gradyan çözücü akışları 0-8 dak %95 B; 8-12 dak % 5 B olarak gerçekleştirilmiştir.

Kütle analizleri pozitif veya negatif moddaki bir ESI kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan MS parametreleri;

- ✓ İyon püskürtme gerilimi : 4.5 kw
- ✓ Kaynak sıcaklığı : 500 °C
- ✓ Bölme gazı : (Azot) 30 psi
- ✓ İyon gaz kaynağı :140 psi
- ✓ İyon gaz kaynağı : 260 psi
- ✓ Çarpışma gazı : (Azot) 5 psi

LC-MS/MS cihazı; her bir hedef analite karşı, biri ana iyon olmak üzere toplam 3 iyonu izleyerek sonuçları vermiştir. Bunun için; AnalystSoftware 1.6.1. version (Concord, Ontario, Kanada) cihaz programı kullanılmıştır.



### 3.2.2 Mikrobiyel Analiz

#### 3.2.2.1 Mikroorganizmaların Hazırlanarak Vişne Suyuna İnokülasyonu

Çalışmada kullanılan *E. coli* O157:H7 için *Escherichia* enrichment broth, *B. cereus* için Nutrient Broth, *P. syringae* subs. *syringae* için *Pseudomonas* enrichment broth kullanılarak kültürler aktarılıp 3 pasaj yapılarak aktifleştirilmiştir. Aktifleşmiş kültürlerden *P. syringae* subs. *syringae* ve *P. expansum* 3-5 gün  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, *E. coli* O157:H7 ve *B. cereus* kültürleri ise  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmıştır. Fungus kültüründen sporlar toplanıp spor konsantrasyonu  $10^5$ - $10^6$ /mL olacak şekilde ayarlanarak 1L vişne suyuna inoküle edilmiş, hiflerin uzaklaştırılması için filtreden süzölmüştür. Aktifleştirilmiş bakteri kültürlerinin ise vişne suyuna inokülasyonu  $10^6$ - $10^7$  kob/ mL olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.3 Vişne Suyuna Alternatif Teknolojilerin Uygulanması

##### 3.2.3.1 Vişne Suyuna Atımlı Elektrik Alan (PEF) Uygulanması

Vişne suyunun PEF ile prosesi için değişik parametreler denenmiş olup ürünün pompa vasıtasıyla akışı, viskozitesi ve kondaktivitesi göz önünde bulundurularak optimum parametreler tespit edilmiştir. Çalışmada akış hızı 60 mL/dak, atım genişliği 3  $\mu\text{s}$ , atım frekansı 500 atım/s (pps) ve elektrik alan şiddeti 24.7 kV/cm olarak belirlenmiştir. Proses esnasında su banyosu sıcaklığı  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmıştır. Bu parametreler sabit iken PEF1 prosesi için 655  $\mu\text{s}$  uygulama süresi ve PEF2 için 327  $\mu\text{s}$  uygulama süreleri belirlenmiş; bu uygulamaların ozon ve ultrasonikasyon teknolojileri ile kombinasyonları da gerçekleştirilmiştir.

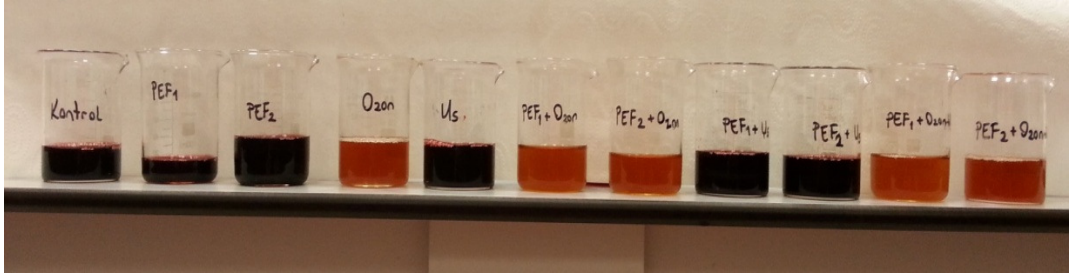
##### 3.2.3.2 Vişne Suyuna Ozon Uygulanması

Vişne suyunun ozon ile prosesi için değişik parametreler denenmiş ürünün özellikleri göz önünde bulundurularak uygulama için optimum parametreler

belirlenmiştir. Bu amaçla  $20.2 \text{ g/m}^3$  ozon 3 dak boyunca, 1L/dak  $\text{O}_3$  akış oranlı ozon konsantratörü kullanılarak vişne suyuna uygulanmış; bu uygulamanın yanı sıra PEF1, PEF2 ve ultrasonikasyon teknolojileriyle kombinasyonları da gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3.3 Vişne Suyuna Ultrasonikasyon Uygulanması

Vişne suyunun ultrasonikasyon ile prosesi için ürünün özellikleri göz önünde bulundurularak optimum parametreler belirlenmiş, bu amaçla 1200W, 35 kHz frekans parametrelerinde ultrasonikasyon 3 dak boyunca ürüne uygulanmıştır. Ultrasonikasyon teknolojisinin PEF1, PEF2 ve ozon uygulamasıyla kombinasyonları da gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında vişne suyu örneklerine uygulanan proseslerin özeti (Şekil 3.5) aşağıdaki tabloda anlatılmaktadır (Çizelge 3.2);



**Şekil 3.5.** Proses uygulanmış vişne suyu örnekleri

**Çizelge 3.2. Çalışmada vişne suyu örneklerine uygulanan prosesler**

| PROSESLER |                                                                                                                                                                                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PEF1      | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 655µs uygulama süresi                                                                                                                      |
| PEF2      | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 327µs uygulama süresi                                                                                                                      |
| O         | 20.2 g/m <sup>3</sup> konsantrasyon ve 3 dak uygulama süresi                                                                                                                   |
| US        | 1200 W güç, 35 kHz frekans ve 3 dak uygulama süresi                                                                                                                            |
| PEF1+O    | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 655µs uygulama süresi + 20.2 g/m <sup>3</sup> konsantrasyon ve 3 dak uygulama süresi                                                       |
| PEF2+O    | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 327µs uygulama süresi + 20.2 g/m <sup>3</sup> konsantrasyon ve 3 dak uygulama süresi                                                       |
| PEF1+US   | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 655µs uygulama süresi + 1200 W güç, 35 kHz frekans ve 3 dak uygulama süresi                                                                |
| PEF2+US   | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 327µs uygulama süresi + 1200 W güç, 35 kHz frekans ve 3 dak uygulama süresi                                                                |
| PEF1+O+US | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 655µs uygulama süresi + 20.2 g/m <sup>3</sup> konsantrasyon ve 3 dak uygulama süresi + 1200 W güç, 35 kHz frekans ve 3 dak uygulama süresi |
| PEF2+O+US | 24.7 kV/cm elektrik akım şiddeti ve 327µs uygulama süresi + 20.2 g/m <sup>3</sup> konsantrasyon ve 3 dak uygulama süresi + 1200 W güç, 35 kHz frekans ve 3 dak uygulama süresi |

### 3.2.4 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

#### 3.2.4.1 Asitlik

Homojen olarak alınan 10 mL örneklerin asitliği Orion 420 A model pH metre (İnolab WTW, Almanya) ile ölçülmüştür.

#### 3.2.4.2 Suda Çözünen Toplam Kuru Madde

Vişne suyu örneklerinin suda çözünen toplam kuru madde (°Briks) tayini 507-1 model refraktometre (Nippon Optical Works Co. Ltd. JAPAN) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar °Briks derecesi olarak belirtilmiştir.

### 3.2.4.3 Titrasyon Asitliği

Beş mL vişne suyu örneğine 5 mL saf su ilave edilerek homojen bir karışım elde edildikten sonra 0.5 mL fenolftalein indikatörü eklenip 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı kaydedilerek sonuçlar AOAC (1990)' ye göre hesaplanmıştır.

### 3.2.4.4 Kondaktivite (İletkenlik) Ölçümü

Vişne suyu kondaktivitesi Sension 5 model (HACH, CO, ABD) el kondaktivitesi kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak kaydedilmiştir.

### 3.2.4.5 Renk Ölçümü

Örneklerin renk ölçümü Hunter Lab Color Flex Spektrofotometresi (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston VA, ABD) kullanılarak yapılmış; sonuçlar CSI sisteminde  $L^*$  (0: koyuluk, 100: açıklık),  $a^*$  (-: yeşillik, +: kırmızılık) ve  $b^*$  (-: mavilik, +: sarılık) değerleri olarak verilmiştir. Ayrıca  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri kullanılarak Chroma ( $C^*$ , renk yoğunluğu) ve hue ( $h^\circ$ , renk tonu) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.1)$$

$$h^\circ = \arctan(b/a) \quad (3.2)$$

$L_0$ ,  $a_0$ , ve  $b_0$  değerleri kontrol örneklerinin;  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri işlem görmüş vişne suyunun renk değerlerini belirtmek üzere kontrol ve işlem görmüş vişne suyu örneklerinin arasındaki toplam renk farkı (TCD,  $\Delta E$ ) aşağıdaki eşitlik

kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (3.3)$$

### 3.2.4.6 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini

**DPPH Çözeltisi:** 250 mL'lik balonjoje içerisine 0.0494 g DPPH tartılır ve etil alkolle 250 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan 500 µM DPPH çözeltisi kullanılmadığı zaman buzdolabında ve karanlıkta saklanmalıdır.

**Tris-HCl Tampon Çözeltisi:** 6.057 g Tris tartılır beher içerisinde 400 mL distile su içerisinde çözündürülür. Çözelti 0.1 M HCl ile pH 7.4'e ayarlanarak balonjojede 500 mL'ye tamamlanır. Analizin yapılışı ise aşağıda belirtildiği gibidir;

Vişne suyu örnekleri analizi öncesinde şahit örneği hazırlanır. Şahit örneğini hazırlanmak için 0.1 mL etil alkol alınarak üzerine 0.9 mL Tris-HCl ve 1 mL DPPH eklenerek tamamen karışması sağlanmıştır. Yaklaşık 30 dak karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm'de okuma yapılmıştır. Şahit örneğiyle okuma yapıldıktan sonra, alkole karşı örnek çözeltisi hazırlanarak okuma yapılır. 0.1 mL vişne suyu örneği 2.4 mL saf su ile seyreltilmiştir. Elde edilen seyreltilmiş örnekten 0.1 mL alınarak üzerine 0.9 mL Tris-HCl ve 1 mL DPPH çözeltisi eklenerek hızla karıştırılmıştır. Karanlıkta 30 dak bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda UV spektrofotometre cihazı ile absorbans ölçülmüştür. Ölçülen değerler aşağıdaki formülde yerine konularak % toplam antioksidan aktivite (AA) değeri bulunmuştur (Moon ve Terao, 1998).

$$AA (\%) = ((1 - \frac{Abs_{örnek\ 517\ nm}}{Abs_{kontrol\ 517\ nm}})) \times 100 \quad (3.4)$$

### 3.2.4.7 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

**Sodyum Karbonat Çözeltisi:** 7.5 g susuz Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tartılıp saf suyla 100 mL'de çözündürülerek hazırlanır.

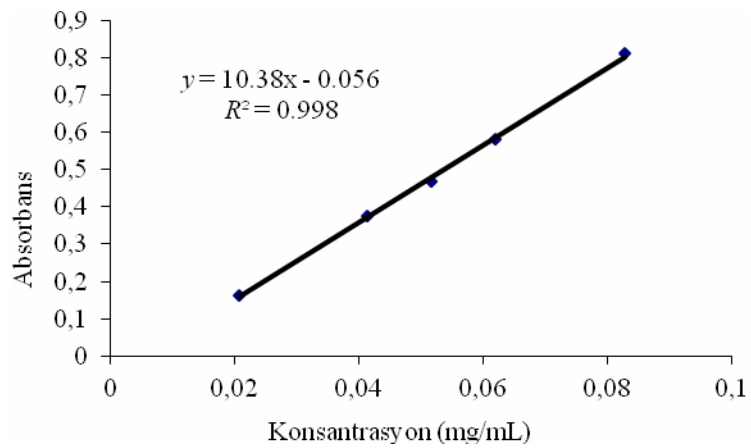
**Folin-Ciocalteu Çözeltisi:** 2 N Folin-Ciocalteu çözeltisinden 1L'lik balonjoje içerisine 100 mL alınıp saf su ile 1L'ye tamamlanarak hazırlanan 0.2N Folin-Ciocalteu çözeltisi oda sıcaklığında muhafaza edilir.

**Gallik Asit Çözeltisi:** 0.1034 g gallik asit tartılarak 100 mL saf suda çözündürülür. Analizin yapılışı ise aşağıda belirtildiği gibidir;

Toplam fenolik madde miktarı (Spanos ve Wrolstad, 1990)'ın belirttikleri Folin Ciocalteu belirteci kullanılan spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Analiz edilen vişne suyu örnekleri 760 nm dalga boyunda 0.2-0.8 absorbans gösterecek şekilde seyreltilmiştir. Seyreltilmiş vişne suyu örneklerinden 1 mL tüpe alınarak üzerine 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenmiş ve daha sonra 4 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilip tüp içeriğinin homojen karışımı sağlandıktan sonra  $50\pm5^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış su banyosunda 5 dak bekletilmiştir. Tüp içeriği hemen soğutulup UV spektrofotometreyle (HACH LANGE, DR 5000) 760 nm'de absorbans ölçülmüştür.

Elde edilen absorbans değerlerinden fenolik madde miktarını belirleyebilmek için gallik asit eğrisinden yararlanılmıştır. Analiz için gerekli olan gallik asit kalibrasyon eğrisi hazırlamak için öncelikle stok gallik asit çözeltisinden 0.2, 0.4, 0.5, 0.6 ve 0.8 mL ayrı ayrı alınarak 10 mL'ye seyreltilmiş sonra seyreltilerek hazırlanmış bu standart çözeltilerden 1'er mL alınarak üzerine 5 mL folin reaktifi ve 4 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eklenerek  $50\pm5^{\circ}\text{C}$ 'de sıcak su banyosunda 5 dak bekletilmiş daha sonra soğuk su altında soğutularak 760 nm'de şahide karşı okuma yapılmıştır.

Konsantrasyon-absorbans şeklinde kalibrasyon eğrisi çizilerek gallik asit kalibrasyon eğrisinin denklemi aşağıda gösterildiği gibi elde edilmiş (Şekil 3.6) ve sonuçlar mg/mL gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



**Şekil 3.6.** Gallik asit kalibrasyon eğrisi

### 3.2.4.8 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini

**Sodyum Asetat Çözeltisi:** 0.4 molar  $C_2H_3NaO_2$  çözeltisi hazırlamak için, 32.812g sodyum asetat ( $C_2H_3NaO_2$ ) tartılarak bir beherde 960 mL saf su içinde çözündürülür. pH'sı HCl ile 4.5'e ayarlanıp; balon jojede 1000 mL'ye tamamlanır.

**Potasyum Klorür Çözeltisi:** 0.025 molar KCl çözeltisi hazırlamak için, 1.8637g KCl tartılarak bir beherde 980 mL saf su içinde çözündürülür. pH'sı HCl ile 1.0'a ayarlanıp; bolon jojede 1000 mL'ye tamamlanır. Analizin yapılışı ise aşağıda belirtildiği gibidir;

Toplam monomerik antosiyanin miktarının saptanması tayininde 1/25 oranında seyreltilmiş vişne suyu örneği pH' s 1.0 olan 0.025 M KCl çözeltisi ile vortekste karıştırılmış ve karanlıkta 20 dak bekletilmiştir. Spektrofometre KCl çözeltisi ile sıfırlandıktan sonra; hazırlanan örneklerin 520 ve 700 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Aynı şekilde seyreltilmiş vişne suyu örneği pH'sı 4.5'e ayarlanmış 0.4M sodyum asetat ile seyreltilerek hızla karıştırılmış ve karanlıkta 20 dak bekletilmiştir. Cihaz Na-asetat çözeltisi ile sıfırlandıktan sonra; hazırlanan örneklerin 520 ve 700 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur. Ölçülen değerler aşağıdaki formülde yerine konularak toplam monomerik antosiyanin miktarı bulunmuştur (Lee vd., 2005).

$$\text{Toplam monomerik antosiyanin miktarı} \left( \frac{mg}{100 mL} \right) = \frac{(AM_w D_f 10^3)}{\epsilon l} \quad (3.5)$$

$$A = (A_{520} - A_{700})_{KCl} - (A_{520} - A_{700})_{Na - asetat} \quad (3.6)$$

Bu formüllerde; A absorbans değerini,  $A_{520}$  520 nm'de okunan absorbans değerini,  $A_{700}$  700 nm'de okunan absorbans değerini,  $M_w$  ( molekü ağırlığı) 449.2 g/mol,  $D_f$  (dilüsyon faktörü) seyreltme faktörünü,  $\epsilon$  (molar ekstinsiyon faktörü) 26900 L/mol. cm,  $10^3$  gramı mg'ye çevirme faktörü olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.4.9 Askorbik Asit (C Vitamini) Tayini

**% 0.4 'lük Okzalik Asit Çözeltisi:** 4 g okzalik asit  $\pm 0.1$  mg duyarlılığa sahip hassas terazide (KERN & Sohn, Model No ABS 220-4) tartılarak balon joje içerisine alınır ve saf su ile 1000 mL' ye tamamlanır.

**Stok Askorbik Asit Çözeltisi:** 0.1 g askorbik asit balon joje içerisine alınarak üzerine saf suyla 100 mL'ye tamamlanır.

**Standart Boya Çözeltisi:** 0.012 g 2.6 diklorofenolindofenol tartılarak saf su içerisinde çözündürülerek saf su ile 1000 mL'ye tamamlanır.

**Standart Askorbik Asit Çözeltisi:** Hazırlanan stok askorbik asit çözeltisinden sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5 mL alınarak önceden numaralandırılmış 100 mL'lik balon jojeler içerisine aktararak her bir balon joje % 0.4 'lük okzalik asit çözeltisi ile 100 mL'ye tamamlanır. Analizin yapılışı ise aşağıda belirtildiği gibidir;

C vitamini tayini için vişneler katı meyve sıkacağı (Sinbo, Model No SJ-3124) yardımıyla sıkılarak elde edilen vişne suyu kullanılmıştır. Pearson ve Churchill (1970)'e göre C vitamini miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Standart kurvenin hesaplanması için; 4 adet tüp alınmış ve üzerlerine 1, 2, 3 ve 4 yazılarak numaralama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1 nolu tüp içerisine 10 mL saf su konulmuş ve 2 nolu tüpe 1 mL % 0.4'lük okzalik asit ve 9 mL standart boya çözeltisi ilave edilmiştir (L1). Üç nolu tüpe 1 mL standart askorbik asit çözeltisi ve 9 mL saf su konulmuştur. Dört nolu tüp içerisine ise 1 mL standart askorbik asit çözeltisi ve 9 mL standart boya çözeltisi (L2) ilave edilmiştir. Dalga boyu 254 nm' ye ayarlanmış olan spektrofotometre 1 nolu tüp kullanılarak sıfırlanmıştır. L1 2 nolu tüp ile okuması yapılmıştır ve 3 nolu tüp kullanılarak spektrofotometre tekrar sıfırlanmıştır. Daha sonra 4 nolu tüp ile L2 okuması yapılarak her bir standart askorbik asit çözeltisi için ayrı ayrı L2 ve (L2-L1) değerleri ve daha sonra kurve faktörü hesaplanmıştır.

Analizde vişne suyu örneğinden bir beher içerisine 25 mL alınarak örnek % 0.4' lük okzalik asitle 50 mL'ye tamamlanmış ve kaba filtre kağıdından süzölmüştür. 2 ayrı tüp içerisine de filtre kağıdından elde edilen süzöntüden 1'er mL çözelti



aktarılmıştır. Örneklerden birinin üzerine 9 mL saf su ile diğerininki ise 9 mL boya çözelti ile tamamlanmıştır. Okunan değer formüle konularak askorbik asit içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam askorbik asit miktarı (\%)} = \frac{(L_2 - L_1) \text{kurve faktörü}}{DF \cdot 100} \quad (3.7)$$

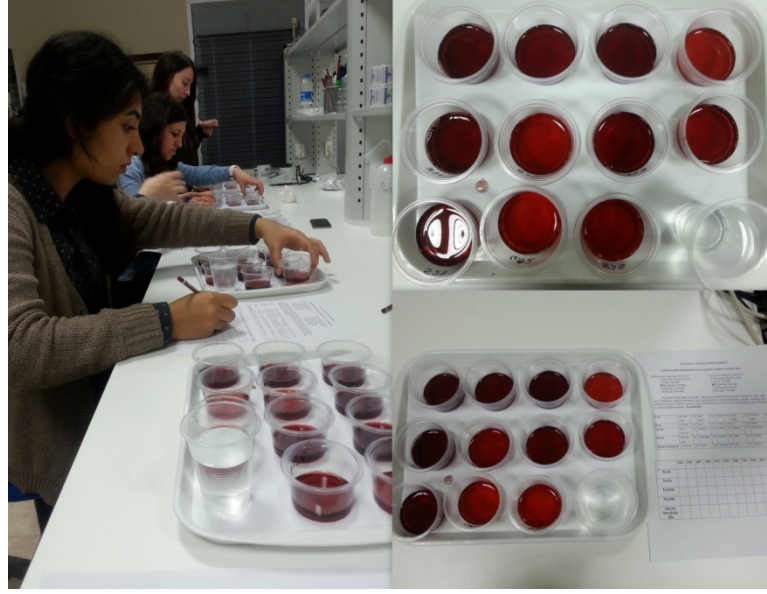
Formülde  $L_1$  ve  $L_2$  okunan absorbans değerleri,  $DF$  ise dilüsyon faktörü olarak ifade edilmiştir.

#### **3.2.4.10 Bulanıklık Analizi**

Bulanıklık tayini için 50 mL'lik tüplere konulan vişne suyu örnekleri 10 dakika boyunca 5000 rpm'de santrifüjlendikten sonra (NÜVE, Model NF 1200) türbidimetreyle (MICRO TPI, Model 20008) ölçülerek sonuçlar NTU (nephelometric turbidity unit) olarak kaydedilmiştir.

#### **3.2.4.11 Duyusal Analiz**

PEF teknolojisi, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyonlarının gerçekleştirildiği meyve suyu örneklerine üç haneli rastgele numaralar verildikten sonra hiçbir işlem gerçekleştirilmeyen kontrol grubu örneğiyle birlikte renk kalitesinin de kolayca görülmesini sağlayan şeffaf plastik kaplar içerisine konularak panelistlere tadım yapılmak üzere sunulmuştur. Duyusal analizlerde 9'lu hedonik skalayla hazırlanan duyusal analiz anket formu, tadım yapılırken değerlendirme yapılması için panelistlere dağıtılmıştır. Toplam 25 adet panelistin tadım yaptığı vişne suları sırasıyla renk, koku, tatlılık, ekşilik ve ağızda bıraktığı his bakımından değerlendirilmiştir (Şekil 3.7). Duyusal analiz değerlendirme formu Ek A.19' da verilmiştir.



**Şekil 3.7.** Duyusal değerlendirme

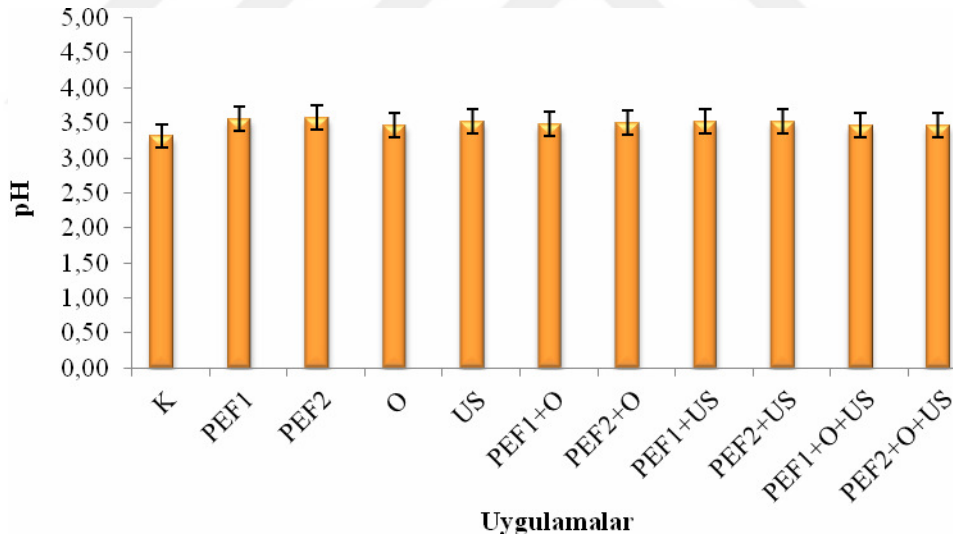
### 3.2.5 Verilerin İstatistiksel Analizi

Veriler SPSS Inc (Versiyon 18.0) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiş olup verilerin analizinde tek yönlü ANOVA kullanılmıştır (alfa 0.05). Uygulamalar arasındaki farklılıkların tespiti için Tukey's çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Her bir deney en az üç kez tekrar edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Atımlı elektrik alan (PEF), ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamaları ile proses edilen vişne sularının uygulamalar öncesi ve sonrasında pH değerleri ölçülmüştür. Buna göre herhangi bir proses uygulanmamış kontrol örneklerinde ortalama pH değeri  $3.31 \pm 0.02$  olarak belirlenmiştir. Vişne suyu örneklerinin belirlenen prosesler altında pH değeri  $3.31 \pm 0.02$  ve  $3.57 \pm 0.02$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.1).

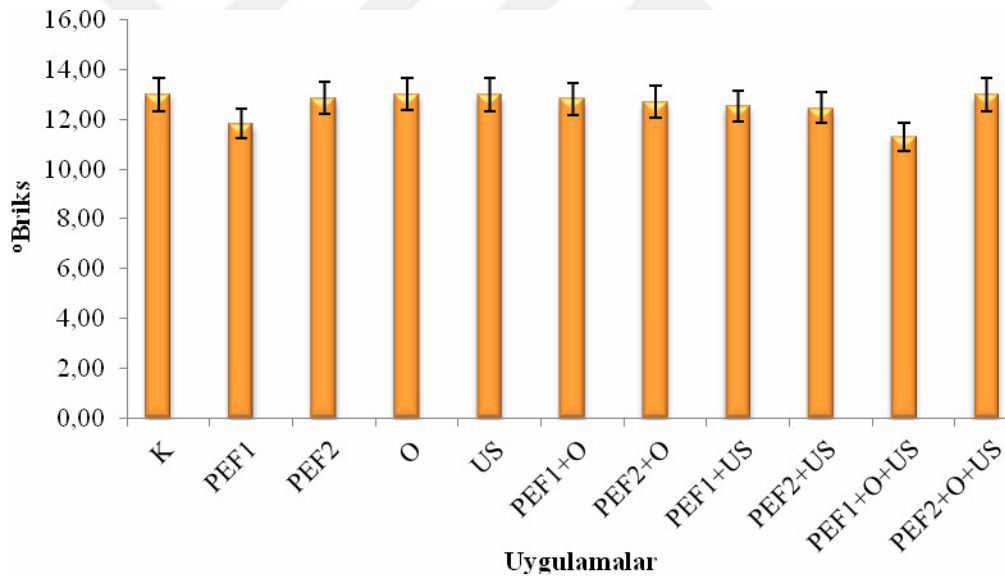


**Şekil 4.1.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu pH değeri üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Çalışmadaki sonuçlar neticesinde PEF1 ve PEF2' nin US ile kombinasyonlu uygulamaları ve US' nun tek başına uygulaması arasında önemli bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ), pH değerleri  $3.46 \pm 0.01$  ve  $3.47 \pm 0.01$  olan PEF1+O+US

ve PEF2+O+US prosesleri uygulanan vişne suları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). Aynı şekilde pH değerleri  $3.56 \pm 0.01$  ve  $3.57 \pm 0.02$  olarak bulunan PEF1 ve PEF2 prosesleri uygulanan vişne suları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Ek A.1). Portakal suyuna PEF uygulanan bir çalışmada pH ve °Briks değerlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir (Yoem vd., 2000). Havuç suyuna 25 kV/cm elektrik alan şiddetinde 280 ve 330 µs uygulama süresinde PEF uygulanan bir çalışmada pH, °Briks, titrasyon asitliği renk ve bulanıklık miktarlarında da değişime rastlanmamıştır (Rivas vd., 2006). Elde edilen bulgular çalışmalarla paralellik gösterdiği ve ayrıca PEF teknolojisinin ozon ve ultrasonikasyon ile kombinasyonlarının da vişne suyunun pH değerinde değişimine neden olmadan uygulanabileceği söylenebilmektedir ( $p > 0.05$ ).

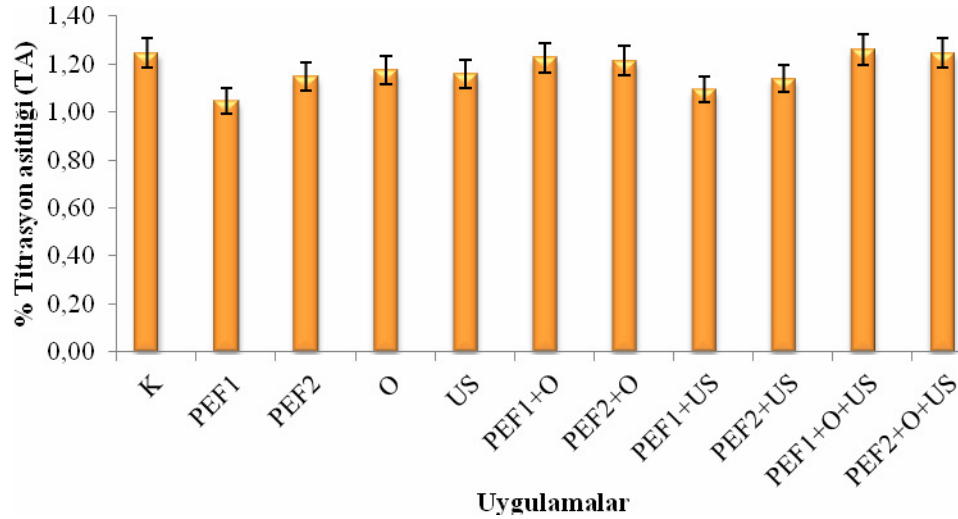


**Şekil 4.2.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu °Briks üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Farklı prosesler ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun °Briks derecesindeki değişimi incelendiğinde kontrol örneğinin °Briks değeri  $13.00 \pm 0.17$  olarak tespit edilmiştir. Belirlenen prosesler altında vişne suyu örneklerin °Briks değeri  $11.30 \pm 0.69$  ile  $13.03 \pm 0.06$  değerleri arasında değişim

göstermiştir (Şekil 4.2). En yüksek °Briks değeri O ( $13.03 \pm 0.06$ ) ile proses edilen vişne suyu örneğinde gözlenirken; PEF1+O+US ( $11.30 \pm 0.69$ ) kombinasyon uygulamasında ise en düşük °Briks değeri gözlenmiştir. US ile proses edilen vişne suyu örneğinin °Briks değeri ( $13.00 \pm 0.01$ ), O ile proses edilen örneğin °Briks değeri ( $13.03 \pm 0.06$ ) ve PEF2+O+US uygulanan örneğin °Briks değeri ( $13.00 \pm 0.01$ ) arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Ek A.2). °Briks meyve sularının kalite açısından derecelendirilmesi için kullanılan bir ölçüttür (Mc Allister, 1980). Ekşi vd. (1980) doğal vişne suyunun °Briks değerinin 12.7-18.4 arasında Velioğlu ve Yıldız (1996) ise 13.2-18.2 arasında olabileceğini belirtmiş, değerdeki farklılığın meyve olgunluk düzeyi ve çeşitliliğinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Schilling vd. (2008) ısıtma işlem uyguladıkları elma suyunun suda çözünür kuru madde miktarında artış gözlendiğini bildirirken söz konusu artışın glukoz ve fruktoz şeker seviyelerindeki değişikliklerle ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Ultrasonikasyon, karbonatlaşma ve bunların kombinasyonlarının guava suyunun kalitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür toplam kuru madde miktarlarında (°Briks) kontrole göre önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Cheng vd., 2007). Xiang vd. (2014)'nin çalışmasında havuç suyuna 25 kV/cm elektrik alan şiddeti ve sırasıyla 144.6 ve 433.8 µs uygulama sürelerinde PEF ve ısıtma işlem uygulanmıştır. PEF uygulanan havuç suyu örneklerinin kontrol örneklerine göre °Briks değerlerinde bir değişim gözlenmezken, ısıtma işlem uygulanan havuç suyunun °Briks değerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Suda çözünür kuru madde miktarı meyve suyunun akış özelliklerini etkilediği için ısıtma işlem görmüş havuç suyunun °Briks değerlerinde artış gözlenmesi sebebiyle daha yüksek viskoziteye sahip olabileceği bildirilmiştir. Çalışma kapsamında uygulanan PEF, ozon ve ultrasonikasyon teknolojilerinin meyve suyunun olması gereken °Briks değeri üzerine önemli bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).

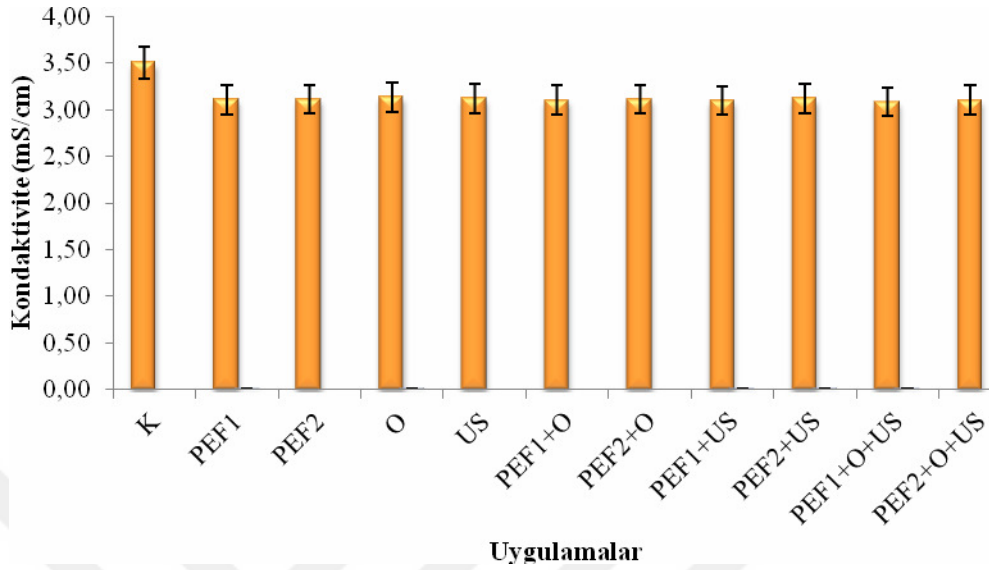


**Şekil 4.3.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu titrasyon asitliği (%) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol örneğinin titrasyon asitliği (TA) miktarı % 1.25±0.01 olarak tespit edilmiştir. Belirlenen prosesler altında örneklerin TA değeri % 1.05±0.01 ile 1.26±0.01 aralığında değişim göstermiştir. Kontrol, PEF1, PEF2, Ozon, US, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+US, PEF2+US, PEF1+O+US ve PEF2+O+US prosesleri sonucu elde edilen % TA değerleri sırasıyla 1.25±0.01, 1.05±0.01, 1.15±0.09, 1.18±0.05, 1.16±0.01, 1.23±0.01, 1.22±0.01, 1.09±0.03, 1.14±0.04, 1.26±0.01 ve 1.25±0.19 (Ek A.3). Tespit edilen TA değerleri doğrultusunda kontrol örneği ve proses uygulanan örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür ( $p > 0.05$ ) (Şekil 4.3). Titrasyon asitliğinin lezzet ve büzüşme duyuları ile bağlantılı olan önemli bir özellik olduğu bilinmektedir (Zhang vd., 2009). Cserhalmi vd. (2006)' nin yaptığı çalışmada turunçgil sularına (greyfurt, limon, portakal, mandalina) 28 kV/cm elektrik alan şiddetinde PEF uygulaması yapılmış ve prosesin turunçgil sularının pH, °Briks, titrasyon asitliği, renk, kondaktivite ve bulanıklık değerlerinde değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir. Yaban mersini suyuna ultrasonikasyon uygulamasının yapıldığı bir başka çalışmada uygulamanın pH, asitlik ve °Briks değerleri üzerinde önemli bir farka yol açmadığı bildirilmiştir (Mohideen vd., 2015). Çalışmada elde edilen bulgular literatürle paralellik gösterdiği söylenebilmektedir. Ayrıca PEF teknolojisinin, O ve US ile kombinasyonlarının da

vişne suyunun titrasyon asitliği değerinde önemli değişime neden olmadan uygulanabileceği söylenebilmektedir.



**Şekil 4.4.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu kondaktivite değeri üzerine etkisi.

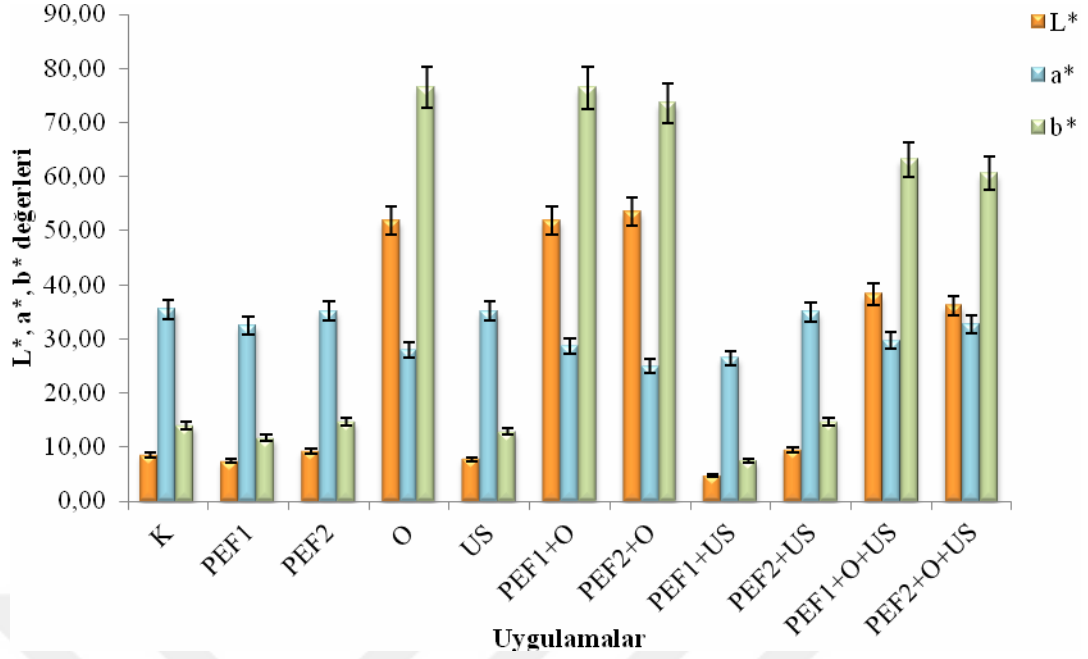
\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol örneğinin kondaktivite değeri  $3.50 \pm 0.01$  mS/cm olarak bulunmuş ve vişne suyu örneklerinin kondaktivite değerleri  $3.08 \pm 0.07$  ile  $3.50 \pm 0.01$  mS/cm aralığında değişim göstermiştir (Şekil 4.4). Kondaktivite değerleri  $3.10 \pm 0.01$  ve  $3.10 \pm 0.00$  olarak tespit edilen PEF1+O ve PEF2+O+US prosesleri uygulanan vişne suları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Buna karşın kondaktivite değerleri  $3.11 \pm 0.01$  ve  $3.11 \pm 0.01$  olarak tespit edilen PEF2 ve PEF2+O prosesleri uygulanan vişne suları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Ek A.4). Mevcut literatür incelendiğinde PEF uygulamasının elma suyu ve elma siderinin pH, °Briks, kondaktivite ve renk değerlerinde değişime yol açmadığı belirtilmiştir (Evrendilek vd., 2000). Söz konusu teknolojinin yanı sıra çalışmada uygulanan diğer alternatif teknolojilerin vişne suyunun kondaktivite değerine önemli bir değişime sebep olmadan uygulanabileceği görülmüştür.

Uygulanan proseslerin ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun rengi üzerindeki etkisine bakmak için L\*, a\* ve b\* ölçümleri gerçekleştirilmiş, kontrol örneklerinin L\*, a\* ve b\* değerleri sırasıyla  $8.55 \pm 0.10$ ,

35.52±0.09 ve 13.90±0.09 bulunmuştur. Proses edilen örneklerdeki L\* değeri 4.75±0.03 ile 53.55±0.04 arasında değişim göstermiş, kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.5). PEF2+O uygulamasının yapıldığı vişne suyu örneğinde en yüksek L\* değeri sapanmış ve 53.55±0.04 olarak tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.5). a\* değeri 24.95±0.08 ile 35.52±0.09 arasında değişim göstermiştir. PEF2, US ve PEF2+US uygulamalarının yapıldığı vişne suyu örneklerinin a\* değerleri sırasıyla 35.17±0.12, 35.08±0.13 ve 34.98±0.10 olarak bulunmuş, bu değerler kontrol örneğinin a\* değeriyle (35.52±0.09) karşılaştırıldığında bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Proses edilen örneklerdeki b\* değeri 7.47±0.08 ile 76.48±0.05 arasında değişim gösterirken; kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.5). Ozon uygulamasının yapıldığı vişne suyu örneğinde en yüksek b\* değeri 76.48±0.05 olarak tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Ozon uygulamasının vişne suyu örneklerinin L\* ve b\* değerinin yükselmesine sebep olduğu tespit edilmiştir (Ek A.5). Portakal suyuna ozon uygulaması yapılan çalışmada renk degradasyonu gerçekleştiği bildirilmiştir (Tiwari vd., 2008). Yüksek oksidasyon özelliğine sahip ozonun birçok organik bileşiğin degradasyonuna yol açabileceği belirtilmiştir (Michelsen, 1992). Ozonlama sonucu organik boyaların renk pigmentlerinin oksidatif bölünmesi sonucu, konjuge çift bağlarının kırılması sebebiyle renk değerlerinde düşüş olabileceği bildirilmiştir (Nebel, 1975; Sarasa vd., 1993). Portakal suyunun renginden sorumlu aynı zamanda sarı, turuncu ve kırmızı rengine katkıda bulunan karotenoidlerin konjuge çift bağlarının renk pigmentleri aromatik halka içermektedir (Melendez-Martinez vd., 2007). Sulu çözelti içinde üretilmiş olan ozon ve hidroksil radikaller (OH) bu aromatik halkaları açabilmekte ve organik asit, aldehit ve keton gibi bileşenlerin kısmi oksidasyonuna sebep olabileceği belirtilmiştir (Xue vd., 2008). Araştırma kapsamında ozon uygulaması ile gözlenen renk degradasyonu literatür sonuçları ile paralellik göstermektedir. Çalışma kapsamında PEF uygulamalarının renk kalitesi üzerine olumsuz bir etkisine rastlanmazken nitekim elde edilen bulgular literatürde yer alan çalışmalarla uyumlu sonuçlar göstermektedir (Cserhalmi vd., 2006; Rivas vd., 2006).



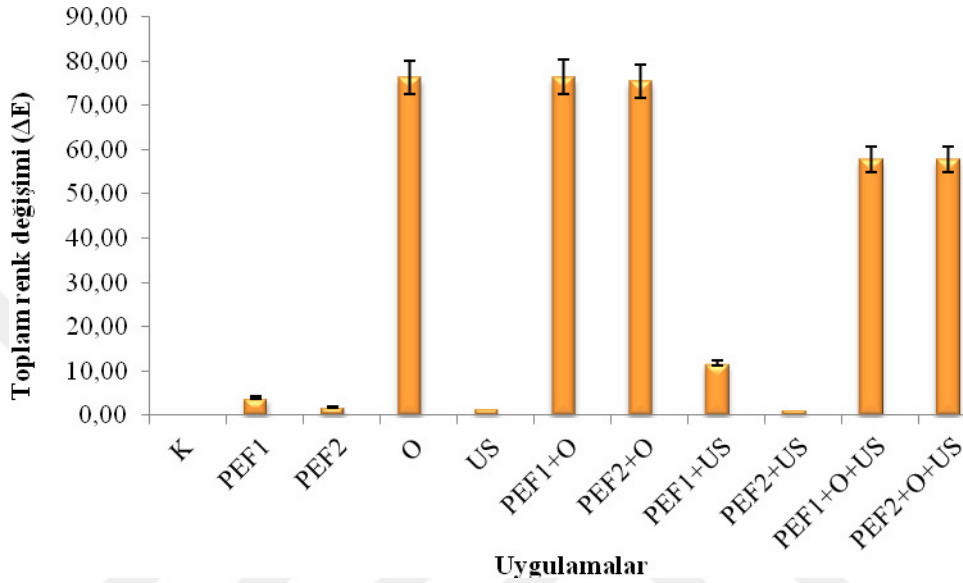


**Şekil 4.5.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu L\*, a\* ve b\* değerleri üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol örneğinin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ )  $0.00 \pm 0.00$  olup atımlı elektrik akımı, ozon ve ultrasonikasyon ve bunların kombinasyonlarının sonucunda vişne suyu örneklerinin toplam renk değişimi değerleri  $1.36 \pm 0.16$  ile  $76.39 \pm 0.10$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.6). O, PEF1+O ve PEF2+O uygulaması yapılan örneklerin  $\Delta E$  değerleri sırasıyla  $76.36 \pm 0.22$ ,  $76.39 \pm 0.10$  ve  $75.49 \pm 0.34$  olarak tespit edilmiş; bu üç örnek arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF1+O+US ve PEF2+O+US uygulamalarının gerçekleştirildiği örneklerin  $\Delta E$  değerleri sırasıyla  $57.81 \pm 0.28$  ve  $57.82 \pm 6.14$  bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Toplam renk değişimi  $0.00 \pm 0.00$  tespit edilen kontrol örneği;  $\Delta E$  değerleri  $3.95 \pm 0.12$ ,  $1.77 \pm 1.07$ ,  $1.37 \pm 0.18$  ve  $1.36 \pm 0.16$  olan sırasıyla PEF1, PEF2, US ve PEF2+US uygulamaları gerçekleştirilen vişne suyu örnekleriyle karşılaştırılmış ve kontrol örneğiyle renk değişimi açısından istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Sonuç olarak PEF ve US uygulamaları vişne suyunun renk kalitesi üzerine önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Ancak ozon ve ozon'un kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun toplam renk değişiminde etkin rol oynadığı ve kontrol örnekleriyle kıyaslandığında renk değişiminin önemli derecede düşük çıktığı

tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.6). Ozon uygulamasının şeftali (Badiani vd., 1996) ve havuç (Liew ve Prange, 1994) gibi ürünlerin yüzey rengini değiştirdiği rapor edilmiş, elde edilen bulgular literatür ile paralellik göstermiştir. Ayrıca PEF teknolojisinin vişne suyunun renk kalitesine önemli değişikliğe yol açmadan güvenli bir şekilde uygulanabileceği söylenebilmektedir (Altuntaş, 2007).

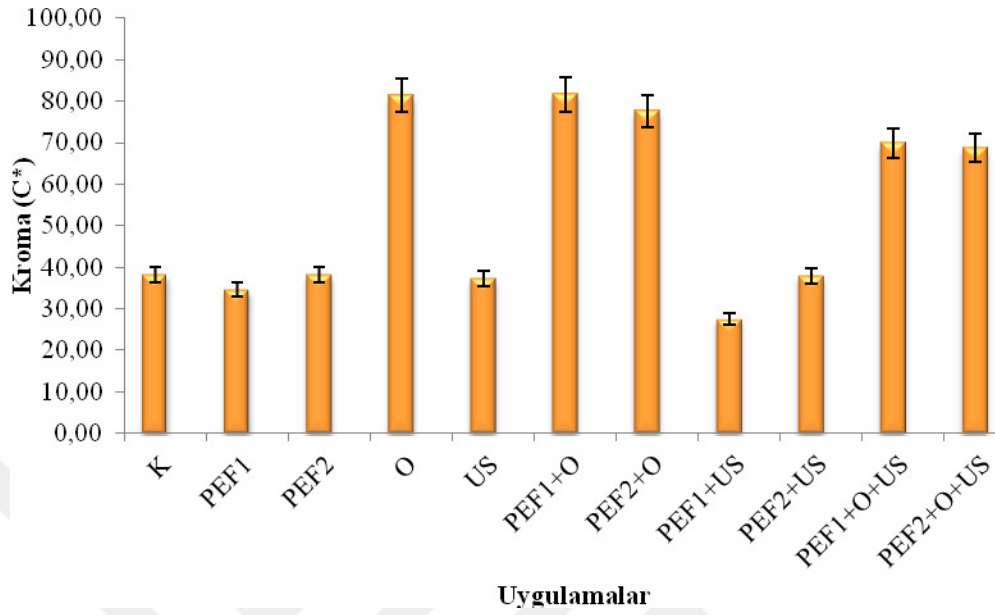


**Şekil 4.6.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655 $\mu$ s, PEF2 24.7 kV/cm 327  $\mu$ s, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol örneğinde kroma değeri ( $C^*$ )  $38.14 \pm 0.06$  bulunmuş olup, vişne suyu örneklerinin belirlenen prosesler altında kroma değerleri  $27.51 \pm 0.16$  ile  $81.64 \pm 0.34$  değişim göstermiştir. En yüksek kroma değerine PEF1+O uygulaması yapılan vişne suyu örneğinde ulaşılırken; PEF1+US uygulamasının kroma değeri ise en düşük olarak saptanmıştır (Şekil 4.7). PEF2, PEF2+US ve US uygulamalarına tabi tutulan örneklerin kroma değerleri sırasıyla  $38.10 \pm 0.16$ ,  $37.92 \pm 0.18$  ve  $37.38 \pm 0.08$  tespit edilmiş;  $C^*$  değeri  $38.14 \pm 0.06$  olan kontrol örneğiyle bu uygulamalara tabi tutulan vişne suyu örnekleri arasında önemli bir değişim olmadığı gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ).  $81.64 \pm 0.34$  kroma değerine sahip olan O uygulamasına tabi tutulan örnek ile  $81.40 \pm 0.03$  kroma değerine sahip PEF1+O uygulaması yapılan örnekler arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Ozon ve

ozonun kullanıldığı kombinasyon uygulamalarının vişne suyunda kroma değerinde artışa sebep olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.7) (Ek A.7).

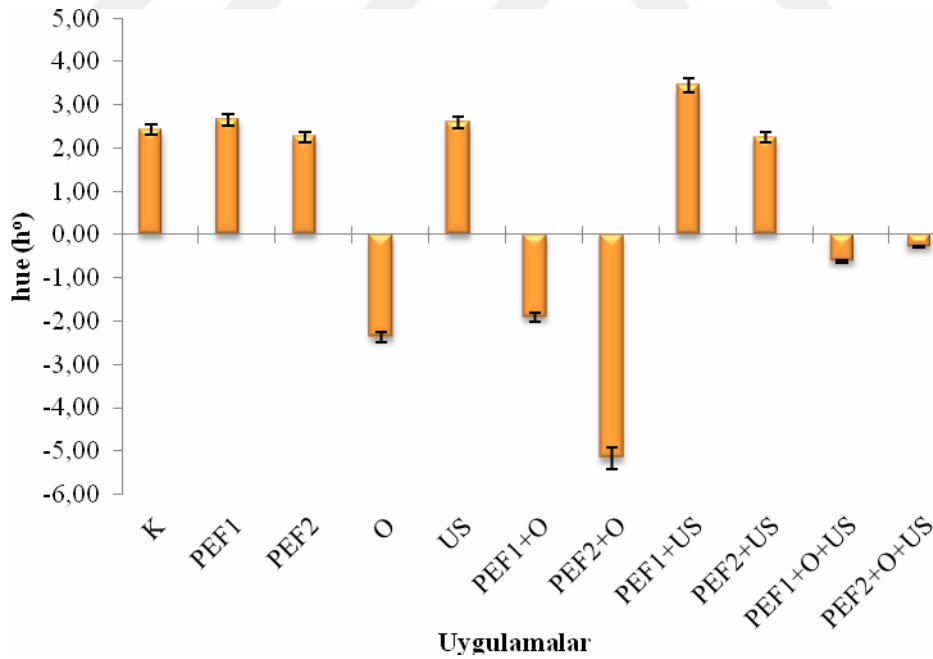


**Şekil 4.7.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu kroma (C\*) değeri üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Benzer şekilde kontrol örneğinin hue ( $h^0$ ) değeri  $2.42 \pm 0.02$  olarak hesaplanmış; belirlenen prosesler gerçekleştirilen vişne suyu örneklerinin hue değeri  $-5.16 \pm 0.39$  ile  $3.45 \pm 0.05$  arasında bulunmuştur. En yüksek hue değeri PEF1+US prosesi yapılan vişne suyu örneğinde gözlenirken; en düşük hue değerine sahip örnek ise PEF2+O uygulaması gerçekleştirilen örnekte görülmüştür (Şekil 4.8).  $2.60 \pm 0.05$  hue değerine sahip olan US prosesine tabii tutulan örneğin, hue değeri  $2.42 \pm 0.02$  olan kontrol örneğiyle arasında önemli bir değişme olmadığı gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Hue değeri  $2.26 \pm 0.02$  olarak hesaplanan PEF2 uygulaması yapılan örneğin,  $2.25 \pm 0.04$  hue değerine sahip PEF2+US prosesi gerçekleştirilen vişne suyu ile arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF1+O+US kombinasyon uygulaması yapılan örneğin hue değeri  $-0.62 \pm 0.04$  olarak hesaplanmış PEF2+O+US uygulamasının hue değeri ise  $-0.29 \pm 0.01$  olarak bulunmuş, bu iki örnek hue değerleri bakımından karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Elde edilen tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda

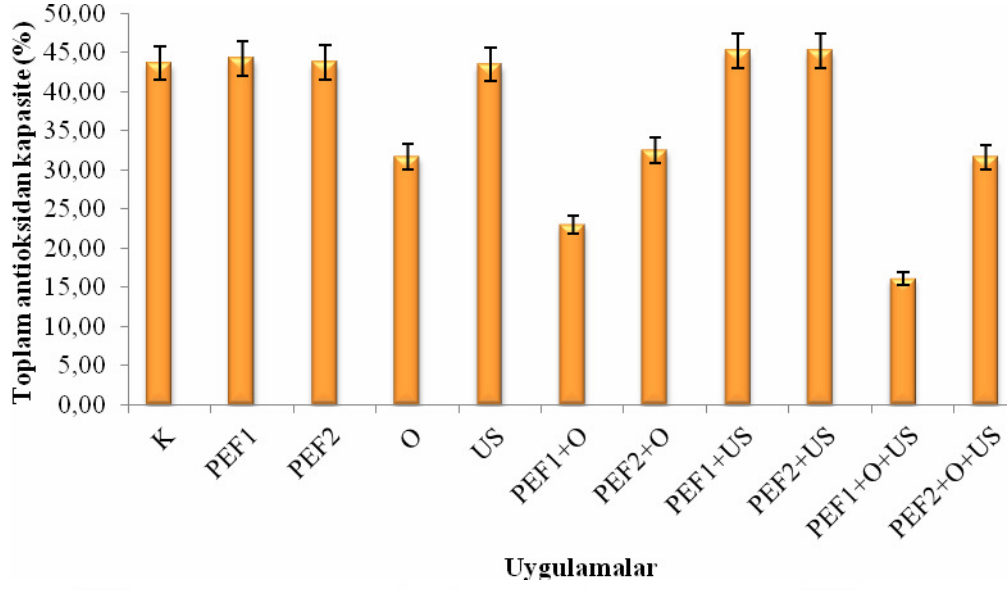
ozon ve ozon uygulamasının yer aldığı kombine uygulamaların vişne suyunun hue değerinde kontrole kıyaslandığında bir azalmaya sebep olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ) (Ek A.8) (Şekil 4.8). Xiang vd. (2014)' nin havuç suyuna PEF uygulaması gerçekleştirdiği çalışmada örneklerin a\*, b\*, kroma ve hue değerlerinde kontrol grubuna göre önemli bir değişim gözlenmezken, L değerinde çok az miktarda yükseliş gözlenmiştir. Isıl işlem uygulanan havuç suyunun rengi ise kontrole göre farklı bulunmuş ve PEF uygulamasının ısıl işlem uygulamasına göre renk değerini daha iyi koruduğu bildirilmiştir. Zhang vd. (2004) PEF uygulamasının sıvı gıdaların rengini ısıl işlem uygulamasına göre daha iyi koruduğunu bildirmiştir. PEF uygulamasının karışık portakal ve havuç suyuna uygulandığı bir çalışmada rengin önemli düzeyde korunduğu belirtilmiştir (Rivas vd., 2006). PEF teknolojisine göre meyve suyu rengini daha iyi şekilde koruduğu çalışma kapsamında tespit edilmiştir. Nitekim ozonun portakal suyunun L, a ve b, kroma ve hue ( $h^\circ$ ) değerlerinde değişikliğe yol açtığı ve renk değişimine sebep olduğu bildirilmiştir (Tiwari, 2008).



**Şekil 4.8.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu hue ( $h^\circ$ ) değeri üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655 $\mu$ s, PEF2 24.7 kV/cm 327  $\mu$ s, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Belirlenen proseslerin vişne suyunun toplam antioksidan kapasitesi (%) üzerindeki etkisinin değerlendirildiği analizlerde kontrol örneğinin toplam antioksidan kapasitesi %  $43.59 \pm 0.98$  olarak ölçülmüştür. Uygulanan prosesler sonucunda örneklerin toplam antioksidan kapasitesi %  $16.09 \pm 6.65$  ile %  $45.17 \pm 0.34$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.9). Toplam antioksidan kapasitesi %  $43.59 \pm 0.98$  olarak ölçülen kontrol örneğiyle tek tek karşılaştırıldığında PEF2 (%  $43.70 \pm 0.59$ ), PEF1 (%  $44.21 \pm 1.06$ ), US (%  $43.42 \pm 0.29$ ), PEF2+US (%  $45.17 \pm 0.34$ ) ve PEF1+US (%  $44.66 \pm 0.41$ ) uygulamaları gerçekleştirilen örneklerin toplam antioksidan kapasitesi arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF2+O uygulaması yapılan ve toplam antioksidan kapasitesi %  $32.52 \pm 1.76$  olan örnek, ozon (O) uygulanan %  $31.68 \pm 12.91$  toplam antioksidan kapasitesine sahip örnek ve %  $31.56 \pm 10.17$  değerli PEF2+O+US prosesi uygulanan örneklerin toplam antioksidan kapasitesi bakımından aralarında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). (Şekil 4.9) (Ek A.9). Flavonoidler, polifenoller, vitamin A ve C gıdalarda bulunan önemli antioksidan bileşenleridir. Bunlar polifenol oksidaz gibi oksidatif enzimler için substrat görevi görmektedirler. Ozonun güçlü oksitleyici etkisi sebebiyle antioksidan bileşenlerinde kayıp gözlenmektedir (Karaca ve Velioğlu, 2007). Taze ananas, muz ve guava meyveleri üzerinde ozon etkisinin araştırıldığı bir çalışmada uygulama sonucunda her üç meyvenin C vitamini içeriğinin azaldığı belirtilmiştir (Alothman vd., 2010). Elez-Martinez ve Martin-Belloso (2007)' nin yaptıkları çalışmada PEF teknolojisi uygulanmış portakal suyu ve soğuk sebze çorbasının ısıl işlem gerçekleştirilmiş örneklerle kıyasla C vitamininin önemli derecede korunmuş olduğu bildirilmiş ve antioksidan kapasitesinde bir değişim gözlenmemiştir. Çalışmada PEF uygulanan vişne suyu örneklerinin antioksidan kapasitesinde önemli bir değişime rastlanmadığı görülmüştür. Elde edilen bulguların literatür ile paralellik gösterdiği söylenebilmektedir. Yapılan tüm ölçümler göz önünde bulundurulduğunda ozon ve ozon uygulamasının kombinasyonlu uygulamaları vişne suyundaki toplam antioksidan kapasitesini azaltıcı etkiye sebep olmuştur ( $p < 0.05$ ).

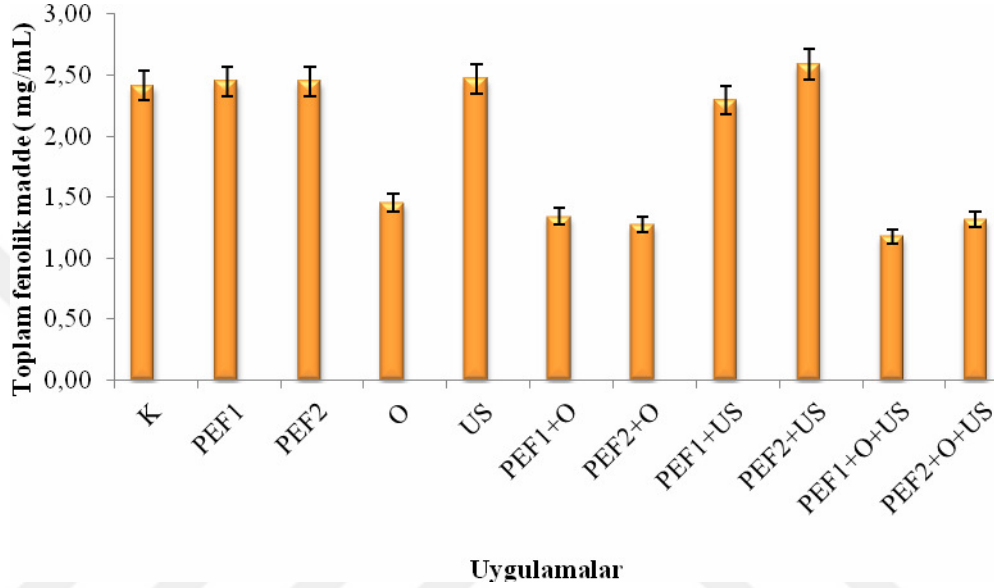


**Şekil 4.9.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam antioksidan kapasitesi (%) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarı  $2.41 \pm 0.07$  mg/mL olarak tespit edilmiş, uygulanan proses sonucunda vişne suyu örneklerinin toplam fenolik madde miktarı  $1.18 \pm 0.01$  ile  $2.59 \pm 0.08$  mg/mL aralığında değişim göstermiştir (Şekil 4.10). En düşük fenolik madde içeriği PEF1+O+US uygulaması gerçekleştirilen örnekte gözlenirken, PEF2+US prosesi uygulanan örneğin fenolik madde içeriği en yüksek değerde bulunmuştur. PEF1, PEF2 ve US uygulamasının gerçekleştiği vişne suyu örneklerinin fenolik madde içerikleri sırasıyla  $2.45 \pm 0.00$ ,  $2.45 \pm 0.04$  ve  $2.47 \pm 0.20$  tespit edilirken,  $2.41 \pm 0.07$  fenolik madde içeriğine sahip olan kontrol örneğiyle aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Aynı şekilde PEF2+O, PEF1+O ve PEF2+O+US uygulamaları gerçekleştirilen vişne suyu örneklerinin fenolik madde içerikleri sırasıyla  $1.27 \pm 0.05$ ,  $1.34 \pm 0.05$  ve  $1.32 \pm 0.01$  mg/mL olduğu tespit edilmiş bu üç örnek arasında fenolik madde içeriği bakımından önemli bir değişim görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). Fenolik bileşikler meyve sularının renk ve tat gelişiminde rol oynadığı bilinen bitkilerin ikincil metabolit ürünleridir (Aguilar-Rosas vd., 2007). Meyve sularının kalitesinde fenoller fizyolojik özellik ve potansiyel zarar göstergesi olarak da kullanılabilirler (Blanco vd., 2001). Fenolik bileşikler önemli maddelerdir ve kaybı meyve suyunun kalitesini ciddi

anlamda bozmaktadır. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında PEF ve US uygulamaları vişne suyu örneklerinde toplam fenolik madde içeriğinde önemli bir değişime sebep olmadığı ( $p > 0.05$ ) gözlenmiş elde edilen bulgular literatürle paralellik göstermiş, O ve O'nun kombinasyonlu uygulamalarının örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde fark edilebilir bir azalışa yol açtığı için meyve suyunun kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği söylenebilmektedir ( $p < 0.05$ ). (Ek A.10) (Şekil 4.10).

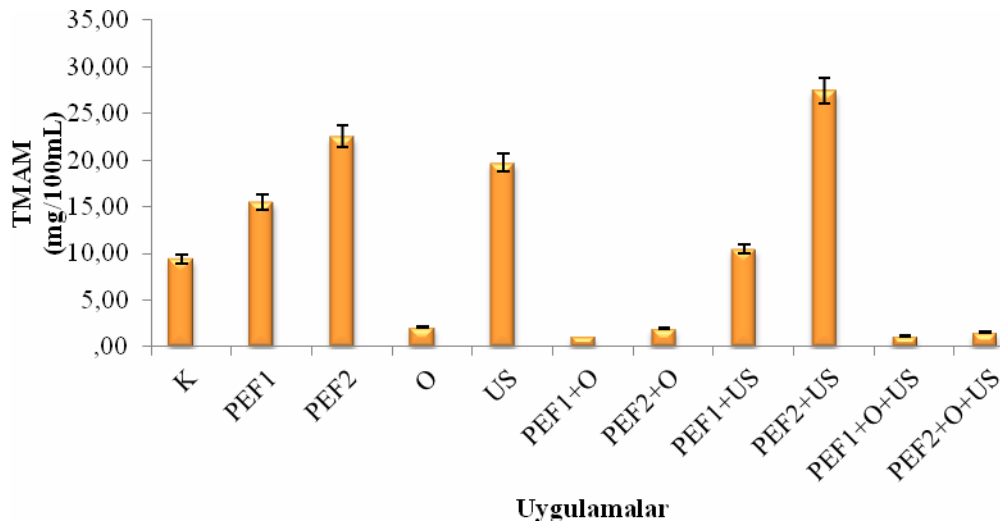


**Şekil 4.10.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam fenolik madde içeriği (mg/mL) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Kontrol vişne suyu örneğinin tespit edilen toplam monomerik antosiyanin miktarı  $9.42 \pm 1.10$  mg/100mL olup belirlenen proseslerin uygulandığı vişne suyu örneklerinde bu miktarın  $27.45 \pm 1.82$  ile  $1.09 \pm 0.39$  mg/100mL arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Ozon, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+O+US ve PEF2+O+US prosesleri gerçekleştirilen örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarları sırasıyla  $2.14 \pm 0.49$ ,  $1.09 \pm 0.39$ ,  $1.96 \pm 1.44$ ,  $1.11 \pm 0.49$  ve  $1.52 \pm 1.04$  mg/100mL olarak hesaplanmış bu örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ). Ancak toplam monomerik antosiyanin miktarı  $27.45 \pm 1.82$  mg/100mL olarak tespit edilen PEF2+US prosesi uygulanan vişne suyu örneği, bu miktar  $9.42 \pm 1.10$  mg/100mL olarak tespit edilen kontrol örneğinden toplam monomerik antosiyanin miktarı bakımından istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p$

$p < 0.05$ ). Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde ozon ve ozonun kombinasyon uygulamalarının vişne suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarında önemli miktarda azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.11) (Şekil 4.11). Literatür örnekleri incelendiğinde ozon uygulamasının çileklerin (Perez vd., 1999) ve böğürtlenlerin (Barth vd., 1995) antosiyanin içeriği üzerinde küçük etkileri olduğu bildirilmiştir. Ozon ile muamele edilmiş brokoli örneklerinin rengi istenmeyen şekilde yeşilden sarıya döndüğü rapor edilmiştir (Skog ve Chu, 2001). Taze böğürtlen suyuna uygulanan ozonun antosiyanin ve renk degradasyonunu etkileyen kritik bir faktör olduğu bildirilmiştir (Tiwari vd., 2009a). Antosiyanin vişne suyunun renk yapıcı özelliğiyle kalmayıp aynı zamanda sağlıklı bir diyetin fonksiyonel bileşeni olduğu ve vişne suyunda bulunan antosiyaninlerin romatizmal artrit vakalarında anti-inflamatuvar etki gösterdiği rapor edilmiştir (Wang vd., 1996, 1999). Ayrıca vişne suyu antosiyaninlerinin insanı kolon kanserine karşı da koruduğu rapor edilmiştir (Kang vd., 2003). Çalışmada ozon ve ozonun kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun antosiyanin içeriğini etkileyen önemli bir faktör olduğu gözlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulguların literatür örnekleriyle paralellik gösterdiği söylenebilmektedir.

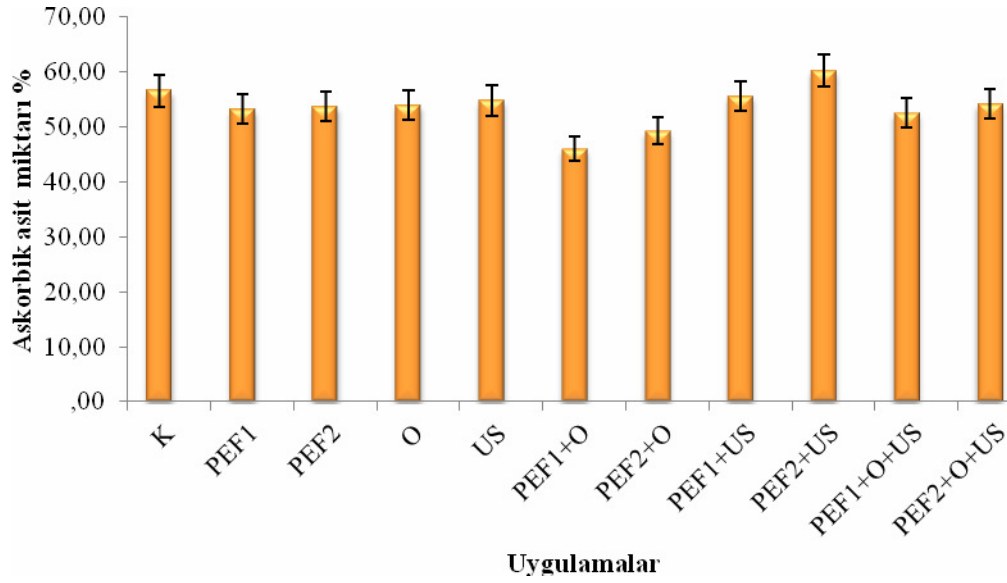


**Şekil 4.11.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyu toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/100 mL) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak



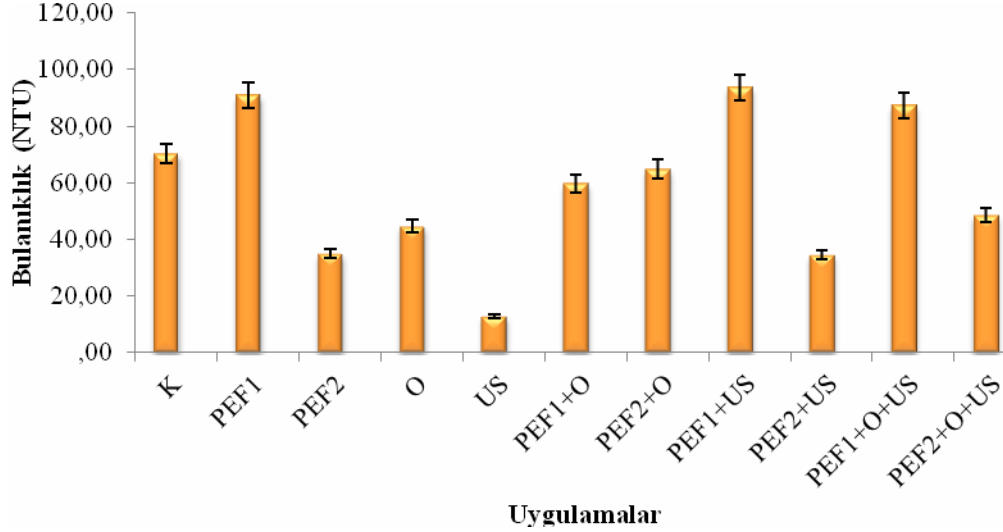
Vişne suyu örneklerinin belirlenen prosesler altında askorbik asit miktarı %  $52.59 \pm 0.88$  ile %  $60.31 \pm 0.50$  aralığında değişim gösterirken; kontrol örneğinin askorbik asit miktarı %  $56.59 \pm 0.68$  olarak hesaplanmıştır. Askorbik asit miktarı %  $53.74 \pm 0.65$  ve %  $53.97 \pm 0.43$  olarak tespit edilen sırasıyla PEF2 ve O proseslerinin uygulandığı vişne suyu örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF2+US prosesine tabii tutulan örneğin askorbik asit miktarı %  $60.31 \pm 0.50$  olarak hesaplanırken; kontrole göre artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.12) (Şekil 4.12). C vitamini içeren bazı meyve ve sebzeler besin değeri bakımından önemlidir. Ozonun brokolinin askorbik asit içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Lewis vd., 1996). Aksine, bir başka çalışmada ozonlu ve ozonsuz su ile muamele edilen kereviz numunelerinin C vitamini içeriğinde önemli bir fark gözlenmemiştir (Zhang vd., 2005). Benzer şekilde klorlu su ve ozonlu su uygulaması yapılan marulların C vitamini içeriğini bünyesinde depoladığı gözlenmiş, başlangıçtaki değere göre ufak düşüşler gözlenmiştir (Beltran vd., 2005). Başka çalışmalarda ozona maruz bırakılan ıspanak (Luwe vd., 1993), balkabağı yaprakları (Ranieri vd., 1996) ve çileklerde (Perez vd., 1999) C vitamini seviyelerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Tiwari vd. (2009b)'nin yaptığı çalışmada ise ozonun çilek suyundaki askorbik asit miktarında önemli azalmalara yol açtığı tespit edilmiştir. Ozon uygulanan ürünlerdeki askorbik asit ve şeker içeriğindeki değişiklikler antioksidatif sistemin bir sonucu olarak belirtilmiş ve sonuca ürünlerin karbonhidrat rezervlerinden C vitamini sentezi teşvik edildiği bildirilmiştir (Perez vd., 1999). Yapılan çalışmada O uygulanan vişne suyu örneklerinde askorbik asit miktarlarında azalma gözlemlendiği tespit edilmiştir. Vişne suyundan bulunan askorbik asit miktarının O uygulanmasından etkilendiği göz önünde bulundurulduğunda elde edilen bulguların literatür örnekleriyle paralellik gösterdiği söylenebilmektedir.



**Şekil 4.12.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının askorbik asit miktarı (%) üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

PEF teknolojisi, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyonlarının vişne suyu örneklerinin bulanıklık miktarları üzerine etkisi araştırıldığında kontrol örneğinin bulanıklık miktarı  $70.38 \pm 2.80$  NTU olarak tespit edilmiştir. En yüksek bulanıklık değerine PEF1+US uygulanan vişne suyu örneğinde ulaşılırken ( $93.64 \pm 0.62$  NTU), bulanıklık değeri  $12.85 \pm 0.08$  NTU okunan US prosesi uygulanan vişne suyunun ise bulanıklık miktarının en az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bulanıklık değerleri  $90.85 \pm 2.34$  NTU ve  $93.64 \pm 0.62$  NTU olarak okunan sırasıyla PEF1 ve PEF1+US prosesleri uygulanan vişne suyu örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ). Bulanıklık miktarı  $34.98 \pm 0.06$  NTU olan PEF2 uygulaması yapılan vişne suyu örneğiyle, bulanıklık değeri  $34.46 \pm 0.43$  NTU olan PEF2+US prosesi uygulanan vişne suyu örnekleri arasında istatistiksel açıdan önemli fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Elde edilen tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda  $70.38 \pm 2.80$  NTU bulanıklılığa sahip kontrol örneği ile belirlenen prosesler uygulanan vişne suyu örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.13).



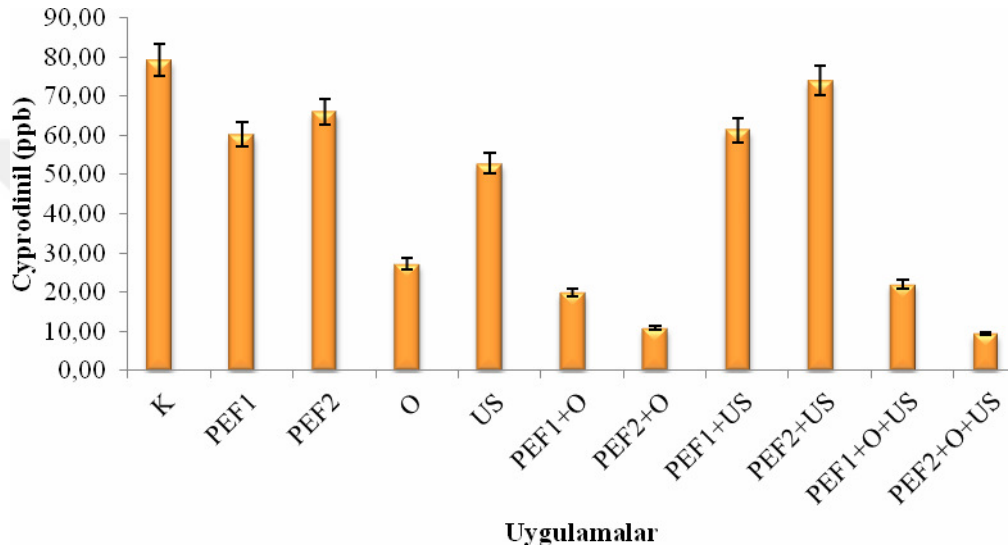
**Şekil 4.13.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının bulanıklılık miktarı üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

#### 4.2 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyundaki Pestisit Dekompozisyonu Üzerine Etkisi

Vişne suyuna 79.28±0.89 ppb miktarında kontamine edilen cyprodinil benzer şekilde atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bu uygulamaların çeşitli kombinasyon uygulamalarına tabii tutulmuştur. Prosesler sonucunda elde edilen dekompozisyon miktarı 74.00±2.74 ppb olarak tespit edilen PEF2+US prosesi uygulanan vişne suyu örneğiyle, kontrol örneği arasında cyprodinil miktarı bakımından istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF2+O+US prosesi uygulanan örneğin cyprodinil miktarı 9.42±0.49 ile 10.98±0.83 ppb değerinde cyprodinil miktarı tespit edilen PEF2+O uygulaması yapılan örnekler arasında cyprodinil miktarı açısından anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ) (Şekil 4.14).Yalnızca atımlı elektrik alan uygulanan vişne suyu örneklerinin (PEF1 ve PEF2) cyprodinil miktarı sırasıyla 60.25±1.95 ve 66.10±0.20 ppb olarak bulunmuş bu iki vişne suyu örneği arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiş; dolayısıyla PEF teknolojisinde uygulama süresinin artırılmasının cyprodinil pestisitinin dekompozisyonunda önemli bir etki etmediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). US prosesi gerçekleştirilen vişne suyu örneğinin cyprodinil

miktarı  $52.85 \pm 2.14$  ppb olarak tespit edilmiş, bu örnek  $27.23 \pm 0.74$  ppb değerinde cyprodinil tespit edilen O uygulaması yapılan örnek ile istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Ek A.14). Bütün sonuçlar incelendiğinde ozon ve ozon uygulamasının kombinasyonları cyprodinil fungusinin miktarını diğer uygulamalara kıyasla daha fazla ölçüde azaltırken ultrasonikasyon ve PEF prosesinin dekompozisyonunda olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir, elde edilen bulgular Zhang vd. (2012) çalışmasında elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği söylenebilmektedir.

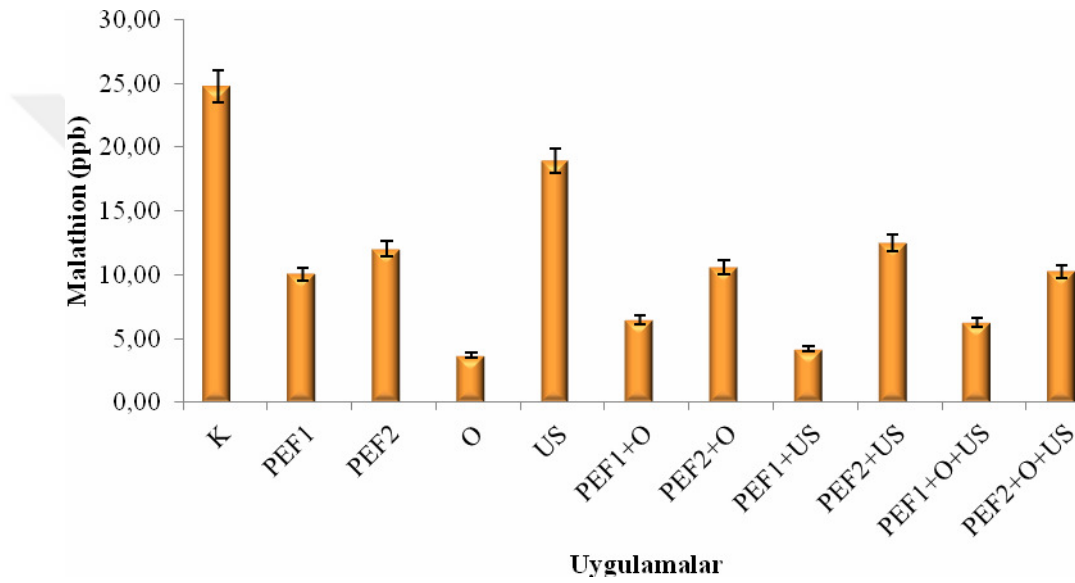


**Şekil 4.14.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının cyprodinil pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Vişne suyuna  $24.77 \pm 0.06$  ppb miktarında kontamine edilen malathion pestisiti atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarına tabii tutulmuş ve uygulamalar sonucu malathion miktarında önemli bir azalma görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Vişne suyuna kontamine edilen malathionun dekompozisyonu en iyi derecede ozon ( $3.67 \pm 0.15$  ppb) uygulamasıyla gerçekleştiği gözlenirken; tüm proses ve proseslerin kombinasyonları göz önünde bulundurulduğunda US ( $18.93 \pm 1.05$  ppb) uygulamasının en az derecede etkili olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). PEF2+O prosesi gerçekleştirilen örnekte uygulama sonrası  $10.57 \pm 0.15$  ppb miktarında, PEF1 prosesi gerçekleştirilen örnekte  $10.05 \pm 0.13$  ppb miktarında ve PEF2+O+US uygulaması yapılan örnekte ise  $10.26 \pm 0.01$  ppb miktarında malathion pestisiti tespit edilirken bu üç örnek malathion

miktarları bakımından karşılaştırılmış aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır ( $p > 0.05$ ). Aynı şekilde O uygulanan örnekte malathion miktarı  $3.67 \pm 0.15$  ppb değerinde bulunmuş PEF1+US prosesine tabii tutulan vişne suyunun malathion miktarıyla kıyaslandığında ( $4.16 \pm 0.01$  ppb) aralarında önemli bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Tüm uygulamalar değerlendirildiğinde O ve O uygulamasının kombinasyonları malathion pestisitinin dekompozisyonunda diğer uygulamalara oranla oldukça etkili olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.15) (Şekil 4.15).

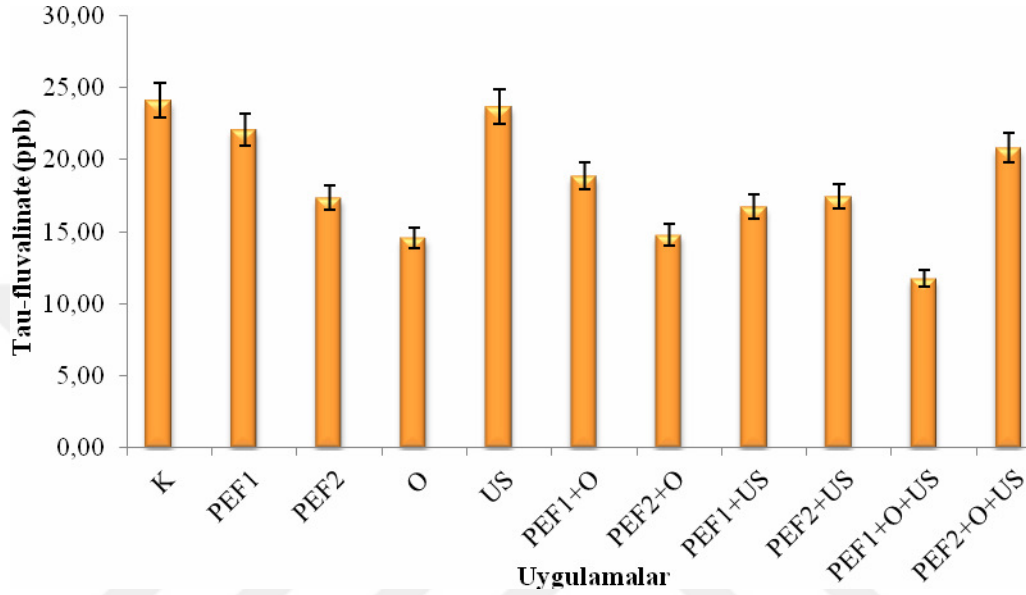


**Şekil 4.15.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının malathion pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Tau-fluvalinate pestisiti vişne suyu örneğine  $24.10 \pm 0.82$  ppb miktarında kontamine edilmiş ve belirlenen prosesler altında dekompozisyonu incelenmiştir. US uygulanan örnekte proses sonrası en az dekompozisyon sağlanmış, tau-fluvalinate pestisiti  $23.70 \pm 0.20$  ppb miktarında görülmüştür. PEF1+O+US uygulaması gerçekleştirilen örnekte  $11.73 \pm 0.06$  ppb miktarında tau-fluvalinate tespit edilirken; diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında en fazla dekompozisyon bu proseste gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.16). PEF2 ( $17.35 \pm 0.05$  ppb) ve PEF1+US ( $16.73 \pm 0.06$  ppb) örneklerinin pestisit miktarları kıyaslandığında istatistiksel anlamda bir fark gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), O ( $14.57 \pm 0.06$  ppb) ve PEF2+O

(14.80±0.17 ppb) vişne suyu örneklerinin proses sonrası tau-fluvalinate miktarında istatistiksel anlamda bir değişim gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). US prosesinin tek başına uygulanması anlamlı sayılabilecek bir değişime sebep olmazken ( $p > 0.05$ ); bu prosesin, PEF ve ozon uygulamalarıyla birlikte uygulamasının daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.16).

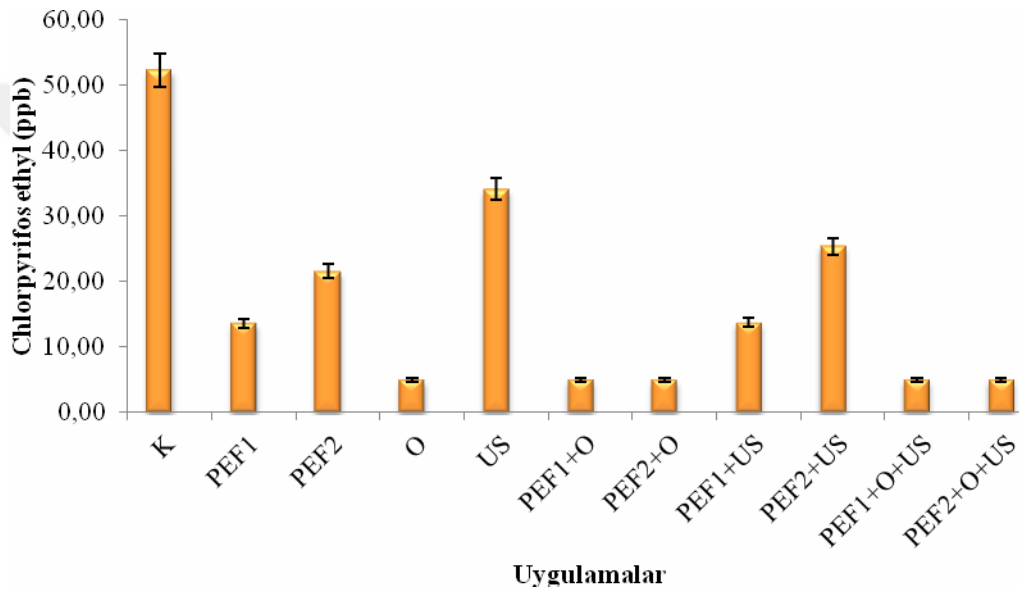


**Şekil 4.16.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının tau-fluvalinate pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Chlorpyrifos ethyl pestisiti vişne suyuna 52.33±1.23 ppb oranında kontamine edilmiş PEF, O ve US uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyonlarına tabii tutulmuş, chlorpyrifos ethyl miktarında anlamlı bir azalma görülmüştür ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.17). Uygulamalar sonrasında elde edilen chlorpyrifos ethyl miktarı 13.68±0.59 ppb olarak tespit edilen PEF1 prosesi uygulanan vişne suyu örneğiyle, miktarı 13.75±3.27 ppb olan PEF1+US uygulanan vişne suyu örneği arasında söz konusu pestisit dekompozisyon miktarı bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF2 uygulanan örneğin chlorpyrifos ethyl miktarı 21.55±2.66 ppb ile PEF2+US prosesi gerçekleştirilen örneğin chlorpyrifos ethyl miktarı 25.45±4.18 ppb arasında istatistiksel anlamda bir fark gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). En az dekompozisyonun sağlandığı US (34.15±8.44 ppb) prosesi ile 4.99±0.00 ppb miktarında chlorpyrifos ethyl tespit edilen O uygulaması yapılan vişne suyu

örneklerindeki dekompozisyon miktarı istatistiksel açıdan farklı görülmüştür ( $p < 0.05$ ). US prosesinin yalnız uygulanması bu pestisit dekompozisyonunda önemli bir etkiye sebep olmazken ( $p > 0.05$ ), O ve O'nun kombinasyon uygulamalarının chlorpyrifos ethyl üzerine son derece etkili sonuç verdiği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.17). Elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında Aslansoy (2012)' un Interdonato cinsi limonları materyal olarak kullanarak farklı parametrelerde suda çözünmüş ozonun chlorothalonil, chlorpyrifos ethyl, tetradifon pestisitlerinde farklı oranlarda parçalanmalar tespit edilen çalışmasındaki bulgular ile paralellik gösterdiği söylenebilmektedir.

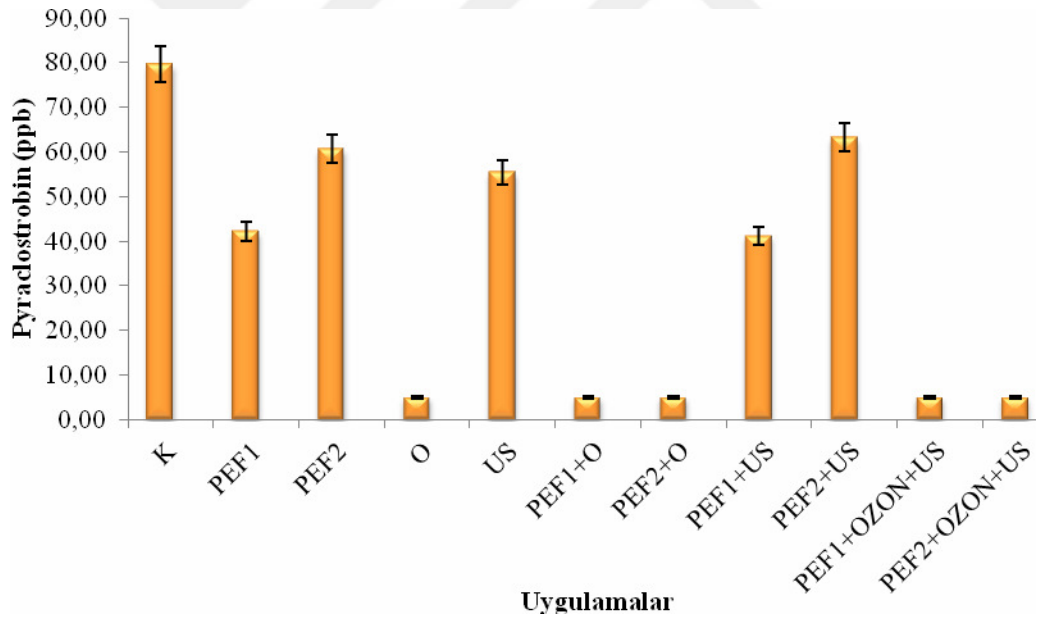


**Şekil 4.17.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının chlorpyrifos ethyl pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

Vişne suyuna 79.62±3.75 ppb miktarında kontaminasyonu sağlanan pyraclostrobin dekompozisyonunda prosesler ve bunların çeşitli kombinasyonları önemli bir azalış görülmüştür ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.18). Pyraclostrobin dekompozisyonunda en az etkili olan uygulama PEF2+US olarak tespit edilmiş ve kalan miktar 63.25±6.34 ppb olarak ölçülmüştür ( $p < 0.05$ ); O ve O'nun kombinasyonlu uygulamalarında en iyi derecede dekompozisyon sağlanmış, ölçüm yapılan cihazın tespit limiti 5 ppb olup ölçüm yapılan örneklerde pestisit miktarı tespit limitinin altında kaldığından dolayı tüm ozon ve ozonlu uygulamalar

4.99±0.00 ppb olarak rapor edilmiştir ( $p < 0.05$ ). PEF2 uygulaması gerçekleştirilen vişne suyu örneğinde uygulama sonrası 60.73±5.01 ppb miktarında, US uygulaması gerçekleştirilen örnekte 55.48±0.29 ppb miktarında ve PEF2+US uygulaması yapılan örnekte 63.25±6.34 ppb miktarında pyraclostrobin tespit edilirken bu üç vişne suyu örneğinin pestisit miktarı açısından istatistiksel anlamda aralarında bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). PEF1 (42.15±4.82 ppb) prosesi gerçekleştirilen örnekle, PEF1+US (41.20±6.36 ppb) uygulanan örneğin pestisit miktarları karşılaştırılmış, proses sonrası pyraclostrobin miktarı bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ). Yapılan bütün uygulamalar göz önüne alındığında ozon ve ozonun kombinasyonlu uygulamalarının pyraclostrobin dekompozisyonunda oldukça etkili olduğu, PEF'in de pestisit dekompozisyonunda kullanılabileceği tespit edilmiş; nitekim Chen vd. (2009) yaptığı çalışmada PEF teknolojisinin pestisitlerinin degradasyonu üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Ek A.18).



**Şekil 4.18.** Atımlı elektrik alan, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının pyraclostrobin pestisitinin dekompozisyonuna etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak



#### 4.3 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrasonikasyon Uygulamaları ve Bunların Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkisi

Uygulamalar ayrı ayrı incelendiğinde öncelikle PEF1 (24.7 kV/cm, 655µs) prosesi gerçekleştirilen uygulamada en fazla inaktivasyon *E. coli* O157:H7'da gözlenmiş vişne suyu örneğine  $7.77 \pm 0.07$  log kob/mL miktarında inoküle edilen bu bakteri sayısı proses sonrası  $5.38 \pm 0.06$  log kob/mL'ye düşmüş ve sonuç olarak 2.39 log kob/mL azalma görülmüştür (Çizelge 4.1). Aynı proses parametrelerinde 0.78 log kob/mL azalmaya sahip olan *P. syringae* subs. *syringae*'nin ise bu prosese en dirençli mikroorganizma olduğu belirlenmiştir. PEF2 (24.7 kV/cm, 327µs) prosesine en hassas olan mikroorganizma 2.24 log kob/mL azalmaya sahip *E.coli* O157:H7 iken söz konusu prosese en dirençli olan mikroorganizmanın ise 0.27 log kob/mL inhibisyon sağlanabilen *B. cereus* olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Ozon uygulaması gerçekleştirilen vişne suyu örneklerinde inhibisyon oranları incelendiğinde en fazla inaktivasyon *E. coli* O157:H7'de gerçekleşmiş, vişne suyu örneğine  $7.77 \pm 0.07$  log kob/mL miktarında inoküle edilen bu bakterinin sayısının proses sonrası  $4.52 \pm 0.03$  log kob/mL'ye düştüğü görülmüş ve söz konusu mikroorganizma için 3.25 log kob/mL miktarında azalma hesaplanmış; 0.45 log kob/mL miktarında inhibisyon sağlanan *B. cereus*'un ise ozon uygulamasına en dirençli mikroorganizma olduğu görülmüştür. US prosesine karşı en hassas mikroorganizma *P. syringae* subs. *syringae* olduğu gözlenirken, *E. coli* O157:H7 mikroorganizmasının bu prosese diğer mikroorganizmalardan daha fazla direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Teknolojilerin kombinasyonlarının vişne suyu örneklerinin mikrobiyel inaktivasyonu üzerine etkisi araştırıldığında, ilk olarak PEF1+O uygulamasında en fazla inaktivasyon  $7.77 \pm 0.07$  log kob/mL miktarında inoküle edilen *E. coli* O157:H7'da gözlenmiş mikroorganizmanın sayısı proses sonrası  $2.13 \pm 0.23$  log kob/mL'ye düşmüş ve 5.64 log kob/mL azalma hesaplanmıştır. Bu uygulamada 0.59 log kob/mL azalma sağlandığı *B. cereus*'un diğer mikroorganizmalardan daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde PEF2+O kombinasyonunda da en hassas mikroorganizma *E. coli* O157:H7 ve en dirençli mikroorganizma ise *B. cereus* olmuştur (Çizelge 4.1). Toplam 0.50 log kob/mL azalmaya sahip, *B. cereus* PEF1+US uygulamasına en fazla direnç gösteren bakteri olurken aynı prosese en hassas mikroorganizmanın 2.05 log kob/mL inaktivasyona

sahip *E. coli* O157:H7 olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde PEF2+US uygulamasına en fazla direnç gösteren mikroorganizma *P. syringae* subs. *syringae* iken bu prosese en hassas mikroorganizmanın 1.13 log kob/mL azalma gözlenen *P. expansum* olduğu gözlenmiştir. PEF1+O+US prosesi gerçekleştirilen uygulamada en fazla inaktivasyon *E. coli* O157:H7’de görülmüş örneğe  $7.77 \pm 0.07$  log kob/mL miktarında inoküle edilen bu bakteri sayısının proses sonrası  $2.00 \pm 0.71$  log kob/mL’ye düştüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Proses sonrası 0.99 log kob/mL azalma gözlenen *B. cereus*’un ise bu prosese en dirençli mikroorganizma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde PEF2+O+US prosesi gerçekleştirilen uygulamada en fazla inaktivasyon *E. coli* O157:H7’da gözlenmiş, *B. cereus*’un ise söz konusu prosese en fazla direnç gösteren mikroorganizma olmuştur. Bütün prosesler incelendiğinde US prosesinin *E. coli* O157:H7 üzerine 0.10 log kob/mL azalma ile en az inaktivasyonun sağlanan teknoloji olduğu, PEF2+O+US prosesinin ise yine *E. coli* O157:H7 üzerine 6.05 log kob/mL azalma ile proseslerde çalışma kapsamında araştırılan diğer bakterilerden daha fazla inaktivasyon sağlandığı tespit edilmiştir. Literatürde yer alan benzer çalışmalar incelendiğinde ultrasonikasyonun salisilik asitle kombinasyonunun *P. expansum* küfü üzerine depolama esnasında fungal bozulmayı inhibe etmede tek başına uygulanmasından daha etkili olduğu bildirilmiştir. Ultrasonikasyon prosesi tek başına uygulandığında *P. expansum*’da 0.64 log kob/mL azalma gözlenirken bu değer ozon ve PEF uygulaması ile kombinasyonlarında daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Yang vd., 2011). Çalışmada O’nun mikrobiyel inaktivasyon üzerine etkisi incelendiğinde *B. cereus*’ta 0.45 log kob/mL’ lik azalmaya sebep olurken *E. coli* O157:H7 için bu miktar 3.25 log kob/mL olarak tespit edilmiş olup elde edilen bulgular Guzel-Seydim vd (2004b) 10 dak ’lık ozon uygulamasını gerçekleştirdiği çalışmasında farklı gıdalara *B. cereus* sporlarını, *S. aureus* ve *E. coli* inoküle etmiş ve gıdaların farklı fiziksel özelliklerine sahip olmasından dolayı *E. coli* popülasyonunda 1.98-6.11 logaritmik birim, *S. aureus* sayısında 1.02-6.48 logaritmik birim, spor popülasyonunda da 0.24-4.93 logaritmik birim azalma olduğunu bildirdiği çalışmasına paralellik göstermektedir. Vega-Mercardo vd. (1996b) bezelye çorbasının içinde süspansiyon hale getirilmiş *E. coli* ve *B. subtilis* inaktivasyonunun elektrik alan şiddeti, atım sayısı ve atım genişliği arttıkça arttığını bildirmiş *E. coli*’de 6.5D ’lik azalma gözlenirken; *B. subtilis* için 5.3 D ’lik azalma görüldüğü bildirilmiştir. Çalışmada; *E. coli* O157:H7 sayısında azalma PEF1’de 2.33 log kob/mL ve PEF2’de 1.27 log kob/mL iken, *B. cereus* sayısında

PEF1 PEF2 uygulamaları sonrasında sırasıyla 0.98 ve 0.27 log kob/mL' lik azalma gerçekleşmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere uygulama süresinin artışı mikrobiyel inaktivasyonda artışa sebep olmuştur (Sale ve Hamilton, 1967). Ayrıca söz konusu prosesin Gram negatif bir bakteri olan *E. coli* O157:H7 üzerine inhibisyonunun Gram pozitif *B. cereus* üzerine olan inhibisyonundan daha fazla olduğu görülmüş nitekim elde edilen bulgular literatürde yer alan PEF prosesine Gram pozitif bakteriler Gram negatif bakterilerden daha direçli olduğu sonucuyla paralellik göstermiştir (Hülsheger vd., 1983), Gram pozitiflerin gösterdiği yüksek direncin hücre duvarlarındaki peptidoglukan tabakasında bulunan teikoik asitle bağlantılı olabileceği düşünülmektedir (Lado ve Yousef, 2002).



**Çizelge 4.1.** PEF, O ve US uygulamaları ve bunların kombinasyonları ile proses edilen vişne suyuna inoküle edilen bakterilerin inaktivasyonu.

| Uygulamalar         | <i>Bacillus cereus</i>    |                   | <i>Pseudomonas syringae</i><br>subs. <i>syringae</i> |                   | <i>Penicillium expansum</i> |                   | <i>Escherichia coli</i> O157:H7 |                   |
|---------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
|                     | Canlı Bakteri Sayısı      | Log kob/mL azalma | Canlı Bakteri Sayısı                                 | Log kob/mL azalma | Canlı Bakteri Sayısı        | Log kob/mL azalma | Canlı Bakteri Sayısı            | Log kob/mL azalma |
| <b>Kontrol</b>      | 5.24±0.50 <sup>c</sup>    |                   | 6.54±0.41 <sup>c</sup>                               |                   | 5.67±0.47 <sup>g</sup>      |                   | 7.77±0.07 <sup>d</sup>          |                   |
| <b>PEF1</b>         | 4.26±0.38 <sup>a</sup>    | 0.98              | 5.76±0.18 <sup>cde</sup>                             | 0.78              | 3.34±0.33 <sup>bc</sup>     | 2.33              | 5.38±0.06 <sup>bc</sup>         | 2.39              |
| <b>PEF2</b>         | 4.97±0.23 <sup>bc</sup>   | 0.27              | 5.99±0.02 <sup>cde</sup>                             | 0.55              | 4.40±0.10 <sup>c</sup>      | 1.27              | 5.53±0.06 <sup>bc</sup>         | 2.24              |
| <b>Ozon</b>         | 4.79±0.34 <sup>abc</sup>  | 0.45              | 4.36±0.81 <sup>b</sup>                               | 2.18              | 4.29±0.08 <sup>de</sup>     | 1.38              | 4.52±0.03 <sup>b</sup>          | 3.25              |
| <b>US</b>           | 5.13±0.44 <sup>bc</sup>   | 0.11              | 3.25±0.84 <sup>a</sup>                               | 3.29              | 5.03±0.27 <sup>f</sup>      | 0.64              | 7.67±0.05 <sup>d</sup>          | 0.10              |
| <b>PEF1+Ozon</b>    | 4.65±0.26 <sup>abc</sup>  | 0.59              | 5.38±0.03 <sup>cd</sup>                              | 1.16              | 3.07±0.16 <sup>b</sup>      | 2.60              | 2.13±0.23 <sup>a</sup>          | 5.64              |
| <b>PEF2+Ozon</b>    | 4.51±0.13 <sup>ab</sup>   | 0.73              | 5.48±0.03 <sup>cd</sup>                              | 1.06              | 3.30±0.01 <sup>b</sup>      | 2.37              | 4.44±1.72 <sup>b</sup>          | 3.33              |
| <b>PEF1+US</b>      | 4.74±0.27 <sup>abc</sup>  | 0.50              | 6.02±0.02 <sup>cde</sup>                             | 0.52              | 3.82±0.13 <sup>cd</sup>     | 1.85              | 5.72±0.07 <sup>bc</sup>         | 2.05              |
| <b>PEF2+US</b>      | 4.62±0.13 <sup>abc</sup>  | 0.62              | 6.10±0.19 <sup>de</sup>                              | 0.44              | 4.54±0.23 <sup>ef</sup>     | 1.13              | 6.65±0.01 <sup>cd</sup>         | 1.12              |
| <b>PEF1+Ozon+US</b> | 4.25±0.16 <sup>a</sup>    | 0.99              | 5.22±0.15 <sup>c</sup>                               | 1.32              | 2.47±0.02 <sup>a</sup>      | 3.20              | 2.00±0.71 <sup>a</sup>          | 5.77              |
| <b>PEF2+Ozon+US</b> | 4.71±0.342 <sup>abc</sup> | 0.53              | 5.27±0.36 <sup>cd</sup>                              | 1.27              | 3.83±0.35 <sup>cd</sup>     | 1.84              | 1.72±1.26 <sup>a</sup>          | 6.05              |

\* Mikroorganizma sayıları log<sub>kob/mL</sub> olarak verilmiştir.

\*\* Aynı sütun içerisindeki farklı üstsel harflerle gösterilen veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

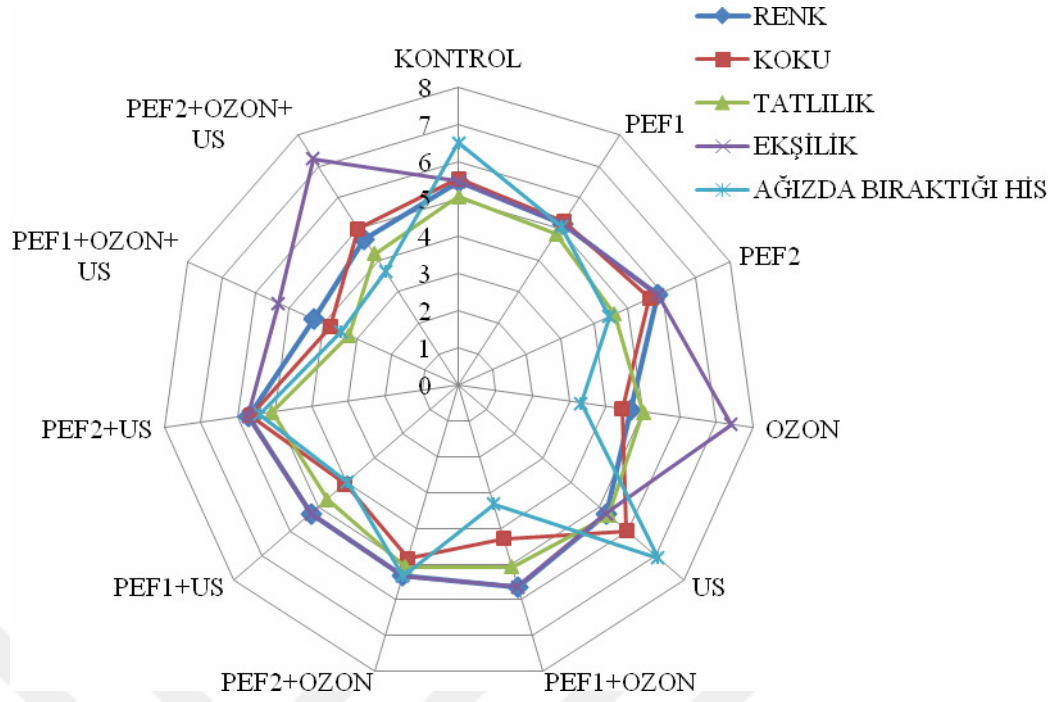
\*\*\*Kontrolde göre log birim azalma,  $\log(N_0-N)$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır ( $N_0$ : Başlangıç mo sayısı ve  $N$ : Proses sonrası mo sayısı).

\*\*\*\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak.

#### 4.4 Atımlı Elektrik Alan, Ozon, Ultrason Uygulamaları ve Bunların Kombinasyon Uygulamalarının Vişne Suyunun Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

PEF, O ve US uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyonlarının uygulandığı vişne suyu örnekleri renk, koku, tatlılık, ekşilik ve ağızda bıraktığı his bakımından karşılaştırılmak amacıyla değerlendirme formuyla birlikte panelistlere sunulmuştur. Değerlendirmenin puanlamaya yapıldığı analizde öncelikle proses yapılan örnekler ve herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol grubu örneği renk bakımından değerlendirilmiştir. Söz konusu örneklerin verilen puanlamaya göre renk kalitesi bakımından normal değerlerde olduğu ve aralarında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı görülmüştür ( $p > 0.05$ ). Örnekler koku özelliği bakımından karşılaştırıldığında kontrol örneğiyle ( $5.56 \pm 1.87$ ) sırasıyla PEF1 ( $5.64 \pm 1.60$ ) ve PEF2+US ( $5.64 \pm 2.06$ ) prosesi uygulanan vişne suyu örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Çizelge 4.2). PEF1+O+US prosesi uygulanan vişne suyu örneği panelistler tarafından kötü kokuya sahip örnek olarak nitelendirilirken, O uygulaması yapılan örneğin kokusu normalle kötü arasında değerlendirilmiştir ( $p < 0.05$ ). Vişne suyu örnekleri tatlılık bakımından karşılaştırıldığında sırasıyla PEF1, PEF2, O, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+US, PEF2+US ve PEF2+O+US uygulamaları gerçekleştirilen örneklerin normal tatlılıkta olduğu belirlenmiş, kontrol örneğiyle aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). PEF1+O+US uygulaması gerçekleştirilen vişne suyu örneği ise panelistler tarafından şekersiz ile normal tat arasında nitelendirilmiştir ( $p < 0.05$ ). Belirlenen proseslerin gerçekleştirildiği vişne suyu örnekleri ile kontrol örneği ekşilik bakımından karşılaştırılmış O ve PEF2+O+US uygulanan örnekler ekşi ve çok ekşi arasında değerlendirilirken ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.19). PEF1, PEF2, US, PEF1+O, PEF2+O, PEF1+US, PEF2+US ve PEF1+O+US proseslerine tabii tutulan vişne suyu örnekleri ekşilik bakımından normal değerde olduğu belirtilmiş ve kontrol grubuyla aralarında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Son olarak proses uygulanan vişne suyu örnekleri hiçbir proses uygulanmayan kontrol grubuyla ağızda bıraktığı his bakımından karşılaştırılmış, kontrol örneğini oluşturulan skalaya göre normalle iyi arasında ( $6.52 \pm 1.85$ ) değerlendiren panelistler;

US uygulaması yapılan vişne suyuna ağızda bıraktığı his bakımından iyi olarak puan vermişlerdir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.19). O, PEF1+O, PEF1+US, PEF1+O+US ve PEF2+O+US prosesleri uygulanan vişne suyu örnekleri ağızda bıraktığı his bakımından kötü ile normal değer arasında kabul edilmiştir ( $p < 0.05$ ). PEF1, PEF2+O ve PEF2+US uygulaması yapılan vişne suyu örnekleri ağızda bıraktıkları his bakımından panelistler tarafından normal olarak değerlendirilirken ( $p > 0.05$ ), US uygulanan örneğin ağızda bıraktığı his iyi olarak değerlendirilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.19). Literatür araştırmaları sonucu havuç ve kereviz ürünlerine ozon uygulamasının son üründe duyu kaliteyi olumsuz etkileyen bir sonuç vermediği gözlenmiştir (Zhang vd., 2005; Klaiber vd., 2004). Ozonun meyvelerin duyu kalitesinde en çok dikkat çeken etki aromada kayba neden olduğu bildirilmiş ve O ile zenginleştirilmiş soğukta depolanan çileklerin aromasını tersinir bir zarara uğrattığı gözlemlenmiştir (Nadas vd., 2003; Perez vd., 1999). Ozon uygulamasının çileklerdeki uçucu esterlerin emüsyonunu % 40 oranında düşürdüğü tespit edilmiş söz konusu düşüşün enzimlerin aroma biyosentezi ile ilişkisine dayanmadığı (lipoksigenaz, hidroperoksit liyaz ve alkol açıltransferaz) çünkü ozon uygulaması yapılmış ve yapılmamış ürünlerin enzim aktivitelerinde bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Perez vd., 1999). Meyve tarafından üretilen uçucu bileşenlerin oksidasyonu sonucu meyve aromasında kayıp olabileceği tespit edilmiştir (Nadas vd., 2003). Çalışma kapsamında O ve kombinasyonlarının uygulandığı vişne suyu örnekleri ağızda bıraktığı his bakımından normal ve kötü değer arasında değerlendirilirken, PEF ve US ile kombinasyonlarının normalden ekşi, tadı ise normale göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen literatür bilgileriyle karşılaştırıldığında ozonun meyve suyundaki uçucu bileşenlerin oksidasyonuna sebep olarak aromada istenmeyen etkiye yol açabileceği tespit edilmiştir. Min vd. (2003)'nin yaptığı çalışmada taze sıkılmış portakal suyu materyal olarak kullanılmış; proses edilmemiş, ısıtılmış ve PEF uygulaması yapılmış örneklerin renk, görünüş, doku ve lezzet bakımından kabul edilebilirliği otuz panelist tarafından değerlendirilmiştir. PEF uygulanan portakal suyunun duyu özellikleri ısıtılmış ve PEF uygulanan portakal suyunun duyu özelliklerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Yapılan çalışma kapsamında ozon uygulanan vişne suyu örneklerinin duyu kalite özellikleri PEF ve US uygulanan örneklerden farklı olduğu tespit edilmiştir. PEF ve US'un vişne suyunun kalite özelliklerinde istenmeyen etkilere sebep olmadan uygulanabileceği söylenebilmektedir.



**Şekil 4.19.** Atımlı elektrik alanı, ozon ve ultrasonikasyon uygulamaları ve bunların çeşitli kombinasyon uygulamalarının vişne suyunun duyusal kalite özellikleri üzerine etkisi.

\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak

**Çizelge 4.2.** PEF, O ve US uygulamaları ve bunların kombinasyonları ile proses edilen vişne suyunun duyusal analizi.

| UYGULAMALAR         | Renk                   | Koku                     | Tatlılık                | Ekşilik                  | Ağızda bıraktığı his     |
|---------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 5.48±1.94 <sup>a</sup> | 5.56±1.87 <sup>bc</sup>  | 5.08±1.22 <sup>ab</sup> | 5.48±1.94 <sup>ab</sup>  | 6.52±1.85 <sup>cd</sup>  |
| <b>PEF1</b>         | 5.16±1.91 <sup>a</sup> | 5.24±1.45 <sup>abc</sup> | 4.84±1.99 <sup>ab</sup> | 5.16±1.91 <sup>a</sup>   | 5.08±2.20 <sup>abc</sup> |
| <b>PEF2</b>         | 5.88±2.01 <sup>a</sup> | 5.64±1.60 <sup>bc</sup>  | 4.60±2.65 <sup>ab</sup> | 5.88±2.01 <sup>abc</sup> | 4.44±2.49 <sup>ab</sup>  |
| <b>OZON</b>         | 4.68±2.29 <sup>a</sup> | 4.44±1.78 <sup>abc</sup> | 5.00±2.16 <sup>ab</sup> | 7.40±1.63 <sup>c</sup>   | 3.32±2.14 <sup>a</sup>   |
| <b>US</b>           | 5.24±1.33 <sup>a</sup> | 5.96±2.01 <sup>c</sup>   | 5.32±1.80 <sup>b</sup>  | 5.24±1.33 <sup>a</sup>   | 7.08±1.78 <sup>d</sup>   |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 5.64±2.06 <sup>a</sup> | 4.28±1.40 <sup>ab</sup>  | 5.08±2.20 <sup>ab</sup> | 5.64±2.06 <sup>abc</sup> | 3.32±1.80 <sup>a</sup>   |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 5.32±1.97 <sup>a</sup> | 4.84±1.82 <sup>abc</sup> | 5.08±1.78 <sup>ab</sup> | 5.32±1.97 <sup>a</sup>   | 5.32±2.06 <sup>bcd</sup> |
| <b>PEF1+US</b>      | 5.24±1.76 <sup>a</sup> | 4.04±1.31 <sup>ab</sup>  | 4.68±2.36 <sup>ab</sup> | 5.24±1.76 <sup>a</sup>   | 3.96±2.01 <sup>ab</sup>  |
| <b>PEF2+US</b>      | 5.72±2.23 <sup>a</sup> | 5.64±2.06 <sup>bc</sup>  | 5.08±1.78 <sup>ab</sup> | 5.72±2.23 <sup>abc</sup> | 5.40±2.38 <sup>bcd</sup> |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 4.28±2.07 <sup>a</sup> | 3.80±2.08 <sup>a</sup>   | 3.24±2.79 <sup>a</sup>  | 5.32±2.50 <sup>a</sup>   | 3.48±2.10 <sup>ab</sup>  |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 4.68±2.29 <sup>a</sup> | 5.00±2.08 <sup>abc</sup> | 4.20±2.24 <sup>ab</sup> | 7.24±2.26 <sup>bc</sup>  | 3.64±2.22 <sup>ab</sup>  |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\*Aynı sütun içerisindeki farklı üstel harflerle gösterilen veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

\*\*\* K: Kontrol, PEF1: 24.7 kV/cm 655µs, PEF2 24.7 kV/cm 327 µs, O: 20.2 g/m<sup>3</sup>, 3 dak, US: 1200 W, 35 kHz, 3 dak.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle son yıllarda yürütülen araştırmalar atımlı elektrik alan teknolojisinin meyve suyu üretiminde ısıl işlem uygulamasına alternatif olabileceğini göstermiş, ayrıca ozon ve ultrasonikasyon uygulamalarının da yüksek kalitede gıda üretiminde kullanılan yeni gıda muhafaza teknikleri arasında olabileceğine dikkat çekilmiştir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin mikroorganizmaların inaktivasyonu, gıdalarda mevcut katkı/kalıntı giderimi potansiyelinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, çalışma kapsamında PEF, O ve US teknolojileri ve bunların çeşitli kombinasyonları kullanılarak vişne suyuna kontamine edilen cyprodinil, pyraclostrobin, tau-fluvalinate, chlorpyrifos ethyl ve malathion pestisit kalıntılarının dekontaminasyonu ve vişne suyuna inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *P. expansum*, *B. cereus* ve *P. syringae* subs. *syringae* kültürlerinin inaktivasyonu hedeflenmiştir. Aynı zamanda söz konusu teknolojilerin vişne suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla pH, °Briks, titrasyon asitliği, kondaktivite, renk, toplam antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam askorbik asit miktarı ve bulanıklık analizleri yapılmış ve ayrıca araştırmada örneklerin duyu analizlerine de yer verilmiştir.

Pestisit analiz sonuçları değerlendirildiğinde; PEF teknolojisinin vişne suyuna kontamine edilen cyprodinil, pyraclostrobin, tau-fluvalinate, chlorpyrifos ethyl ve malathion pestisitlerinin dekompozisyonunda etkili olduğu tespit edilirken ( $p < 0.05$ ), uygulama süresinin artışı ile birlikte cyprodinil, malathion ve chlorpyrifos ethyl, pyraclostrobin pestisitlerinin dekompozisyonunda da önemli bir artış gözlenmiştir. O ve O'nun kombinasyon uygulamalarının cyprodinil, pyraclostrobin, tau-fluvalinate, chlorpyrifos ethyl ve malathion pestisitleri üzerine oldukça etkili sonuç verdiği çalışma kapsamında belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde PEF, US ve O pestisit dekompozisyonunda olumlu yönde bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Ultrasonik ses dalgalarının kullanılması prensibine dayanan US'nin vişne suyu örneklerinde pH, °Briks, titrasyon asitliği, toplam fenolik madde, toplam

antioksidan kapasitesi ve renkte bir değişim gözlenmeden başarılı bir şekilde uygulanabileceği sonucuna varılmıştır ( $p > 0.05$ ). US uygulanan vişne suyu örnekleri duyuusal analiz sonuçlarına göre renk, koku, tatlılık ve ekşilik bakımından normal olarak değerlendirilirken; ağızda bıraktığı his açısından ise iyi olarak değerlendirilmiştir. PEF uygulanan örneklerde de US işlemine benzer sonuçlara ulaşılrken; bu iki teknolojinin vişne suyunda kalite özelliklerine olumsuz etkisi olmadığı panelistler tarafından gözlemlenmiştir. Yapılan mikrobiyel analizlerden elde edilen sonuçlara göre PEF, O ve US ve bunların çeşitli kombinasyonları inoküle edilen mikroorganizmaların sayısında önemli oranda azalmaya sebep olduğu ve söz konusu teknolojilerin mikrobiyel inhibisyonda da olumlu yönde etkisinin olduğu gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

Vişne suyu özellikle yüksek antioksidan kapasitesi ve diğer meyvelere oranla fazla miktarda antosiyanin içermesi sebebiyle birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu sebeple yapılan araştırma kapsamındaki prosesler pestisitlerin dekompozisyonunda ve mikrobiyel inaktivasyonda başarılı olurken; aynı zamanda vişne suyunda önem arz eden toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasitesi, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam askorbik asit miktarı ve renk gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli değişiklik göstermemesi hedeflenmiş bu anlamda US, PEF ve bunların kombinasyonlarının O uygulamasına kıyasla olumlu yönde değişiklikler gözlenmiştir. Çünkü O ve O'nun kombinasyon uygulamalarının gerçekleştirildiği proseslerde toplam antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve hue değerlerinde bir azalışa sebep olduğu sonucuna varılırken, vişne suyunun renk değişiminde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).Ozon uygulanan vişne suyu örneklerinde duyuusal analiz sonuçlarına göre panelistlerce de renkte değişim olduğu gözlemlenmiş renk değeri anket sonuçlarında normalle açık renk arasında ifade edilmiştir. Ayrıca, O uygulanan vişne suyu örneklerinin kokusuna kötü ile normal değer arasında puan verilmiş, tatlılık bakımından normal bulunurken; ağızda bıraktığı his kötü ve normale göre ekşi olduğu duyuusal analiz sonuçlarında saptanmıştır.

Yapılan araştırma kapsamında çalışılan alternatif yöntemlerin kombinasyon uygulamalarının sırası çalışmada belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiş (ilk olarak PEF, ardından O ve en son US), yöntemlerin uygulama sırası değiştirildiğinde ne tür

etkiye sebep olabileceği, vişne suyunun yanı sıra tüketiciler tarafından tercih edilen üzüm, kayısı, elma, nar, şeftali gibi meyvelerin meyve sularının, havuç ve domates gibi sebzelerin sularında da pestisit dekompozisyonunun çalışılması, kullanılan alternatif yöntemler sonucunda yıkıma uğrayan pestisitlerin parçalanma metabolitlerinin toksisitesi ve insan sağlığına ne tür etkiye sebep olabileceği, ayrıca söz konusu proseslerin vişne suyunda önem arz eden organik asitler, mineral maddeler ve meyve suyu enzimleri üzerine ne tür etkilerinin araştırılması yararlı olacaktır.



## 6. KAYNAKLAR

- Achen M and Yousef AE (2001) “Efficiency of Ozone Against *Escherichia coli* O157:H7 on Apples”, Journal of Food Science, 66: 1380-1384.
- Adekunte AO, Tiwari BK, Cullen PJ, Scannell AG M and O'Donnel CP (2010) “Effect of Sonication on Colour, Ascorbic Acid and Yeast Inactivation in Tomato Juice”, Food Chemistry, 122: 500–507.
- Aguilar-Rosas SF, Ballinas-Casarrubias ML, Nevarezmoorillon GV, Martin-Belloso O and Ortega-Rivas E (2007) “Thermal and Pulsed Electric Fields Pasteurization of Apple Juice: Effects on Physicochemical Properties and Flavor Compounds”, Journal of Food Engineering, 83: 41–46.
- Ahmed FIK and Russell C (1975) “Synergism Between Ultrasonic Waves and Hydrogen Peroxide in the Killing of Microorganisms”, Journal of Applied Bacteriology, 39(1): 31-40.
- Akbulut M (2005) “Türkiye’de Üretilen Bazı Meyve Sularında ve Konsantresinde Patulin Miktarının HPLC ile Belirlenmesi”, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(35): 84-86.
- Akman Y, Ketenoğlu O, Kurt L, Düzenli S, Güney K ve Kurt F (2004) Çevre Kirliliği, Çevre Biyolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Alliger H (1975) “Ultrasonic Disruption”, Am. Lab., 10: 75- 85; Derleyen: Ulusoy B H Colak H and Hampikyan H (2007) “The Use of Ultrasonic Waves in Food Technology”, Research Journal of Biological Sciences, 2(4): 491-497.
- Alothman M, Kaur B, Fazilah A, Bhat R and Karim AA (2010) “Ozone-Induced Changes of Antioxidant Capacity of Fresh-cut Tropical Fruits”, Innovative Food Science Emerging Technologies, 11(4): 666-671.
- Altuntaş J (2007) Atımlı Elektrik Akım (PEF) Uygulaması ile Vişne Suyu Kayısı ve Şeftali Nektarlarının Bazı Teknolojik Özellikleri ve Mikrobiyolojik İnaktivasyonunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Altuntaş J, Akın E ve Evrendilek GA (2008) “Atımlı Elektrik Akımı: Sistem Tasarımı ve Mikrobiyel İnaktivasyon”, Dünya Gıda Dergisi, Mart sayısı:78–85.
- Anastassiades M, Lehotay SJ, Stajnbaher D and Schenck FJ (2003) “Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce” , Journal of AOAC International, 86: 412–431.

Andersson A, R  nner U and Granum PE (1995) “What Problems Does the Food Industry have with the Spore-forming Pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*?”, International Journal of Food Microbiology, 28(2): 145–155.

Angersbach A, Heinz V and Knorr D (2000) “Effects of Pulsed Electric Fields on Cell Membranes in Real Food Systems”, Innovative Food Science and Emerging Technology, 1: 135–149.

Anonim (2014a) U.S. Environmental Protection Agency (EPA), What is a Pesticide?, [www.epa.gov/pesticides/about](http://www.epa.gov/pesticides/about) , 15 Ocak 2014.

Anonim (2014b) T.C. Resmi Gazete, Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği, (29099 mükerrer) <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/08/20140825M1-1.htm>, 25 Ağustos 2014.

Anonim (2014c) Gıda Endüstrisinde Ultrason Kullanımı, <http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu809/Ultrason%2012.pdf>, 19 Ekim 2014.

Anonim (2014d) U.S Food and Drug Administration (FDA), Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies - Pulsed Electric Fields, <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm101662.htm>, 05 Aralık 2014.

Anonim (2014e) TeknO<sub>3</sub>zone, Ozon   retim Yöntemleri, Corona Discharge Ozon Jenerat  rleri, <http://www.teknozonegroup.com/sayfalar.aspx?id=3>, 12 Şubat 2014.

AOAC (1990) “Official Methods of Analysis”, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Aslansoy Z (2012) Ozonlama İşleminin Limondaki Pestisit Kalıntıları   zerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Aysal P, G  zbek K, Artık N ve Tunçbilek AS (1998) “Domates ve Domates   r  nlerindeki Chlorpyrifos Kalıntısının Radyoizotop İzleme Tekniği ile Araştırılması”, V. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 20-22 Ekim 1998, Konya.

Azar İ (2008) Bursa’da Pazardan Alınan Limonlarda Bazı İnsektisit Kalıntılarının Saptanması   zerine Araştırmalar, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma ABD, Bursa.

Badiani M, Fuhrer J, Paolacci AR and Giovannozzi SG (1996) “Deriving Critical Levels for Ozone Effects on Peach Trees (*Prunus persica* L. Batsch) Grown in Open-top Chambers in Central Italy”, Fresenius Environmental Bulletin, 5: 592–597.

Bakırcı GT and Hışıl Y (2012) “Fast and Simple Extraction of Pesticide Residues in Selected Fruits and Vegetables Using Tetrafluoroethane and Toluene Followed by Ultrahigh-performance Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry”, *Food Chemistry*, 135: 1901–1913.

Barbosa-Cánovas GV, Góngora Nieto MM, Pothakamury UR and Swanson BG (1999) *Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields*, CA: Academic Press, San Diego.

Barsotti L and Cheftel JC (1999) “Food Processing by Pulsed Electric Fields. II. Biological Aspects”, *Food Reviews International*, 15(2): 181-213.

Barth MM, Zhou C, Mercier J and Payne AF (1995) “Ozone Storage Effects on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Blackberries”, *Journal of Food Science*, 60: 1286-1288.

Bayraktaroğlu G ve Obuz E (2006) “Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı”, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.

Beattie JM and Lewis FC (1925) “The Electric Current (apart from the heat generated). A Bacteriological Agent in the Sterilization of Milk and Other Fluids”, *The Journal of Hygiene*, 24: 123-137.

Beltran D, Selma MV, Marin A and Gil MI (2005) “Ozonated Water Extends the Shelf Life of Fresh-cut Lettuce”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14): 5654–5663.

Bendicho S, Barbosa-Cánovas GV and Martín O (2002) “Milk Processing by High Intensity Pulsed Electric Fields”, *Trends in Food Science and Technology*, 13: 195-204.

Biziuk M, Przyjazny A, Czerwiński J and Wiergowski M (1996) “Occurrence and Determination of Pesticides in Natural and Treated Waters”, *Am Journal of Chromatography*, 754: 103-123.

Blanco GD, Fraga PM and Mangas AJ (2001) “Capillary Liquid Chromatographic Determination of Neutral Phenolic Compounds in Apple Juice”, *Analytica Chimica Acta*, 426: 111–117.

Bocci V (2004) “Ozone as Janus: This Controversial Gas can be Either Toxic or Medically Useful”, *Mediators Inflammation*, 13(1): 3-11.

Bocci VA (2006) “Scientific and Medical Aspects of Ozone Therapy. State of the Art”, *Archives of Medical Research*, 37(4) : 425–435.

Boobis AR, Ossendorp BC, Banasiak U, Hamey PY, Sebestyen I and Moretto A (2008) “Cumulative Risk Assessment of Pesticide Residues in Food”, *Toxicology Letters*, 180: 137–150.

Bozkurt H ve İçier F (2009) “UV-C ve Ultrason Ön İşlemlerinin Çilek Kalitesi Üzerine Etkileri”, Gıda, 34 (5): 279-286.

Brennan JG (2006) Food Processing Handbook, WILEY- VCH, Weinheim Germany.

Butz P and Tauscher B (2002) “Emerging Technologies: Chemical Aspects”, Food Research International, 35 (2/3), 279– 284.

Cairns T and Sherma J (1992) Emerging Strategies for Pesticide Analysis, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Cao S, Hu Z, Pang B, Wang H, Xie H and Wu F (2010a) “Effect of Ultrasound Treatment on Fruit Decay and Quality Maintenance in Strawberry After Harvest”, Food Control, 21: 529–532.

Cao S, Hu Z and Pang B (2010b) “Optimization of Postharvest Ultrasonic Treatment of Strawberry Fruit”, Postharvest Biology and Technology, 55: 150–153.

Castro AJ, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1993) “Microbial Inactivation of Foods by Pulsed Electric Fields”, Journal of Food Processing and Preservation, 17: 47-73.

Cserhalmi ZS, Sass-Kiss A, Toth-Markus M and Lechner N (2006) “Study of Pulsed Electric Field Treated Citrus Juices”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 7: 49–54.

Chen F, Zeng L, Zhang Y, Liao X, Ge Y, Hu X and Jiang L (2009) “Degradation Behaviour of Methamidophos and Chlorpyrifos in Apple Juice Treated with Pulsed Electric Fields”, Food Chemistry, 112(4) : 956-961.

Chen C, Qian Y, Chen Q, Tao C, Li C and Li Y (2011) “Evaluation of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables from Xiamen, China”, Food Control, 22: 1114–1120.

Cheng LH, Soh CH, Liew SC and Teh FF (2007) “Effects of Sonication and Carbonation on Guava Juice Quality”, Food Chemistry, 104: 1396–1401.

Ciccolini L, Taillandier P, Wilhem AM, Delmas H and Strehaiano P (1997) “Low Frequency Thermoultrasonication of *Saccharomyces cerevisiae* Suspensions: Effect of Temperature and Ultrasonic Power”, Chemical Engineering Journal 65(2): 145-149.

Ciegler A, Beckwith AC and Jackson LK (1976) “Teratogenicity of Patulin Adducts Formed with Cysteine”, Applied Environmental Microbiology, 31: 664–667.

Coke AL (1993) Mother Nature’s Best Remedy: Ozone, Water Conditioning and Purification, October: 48–51.

Cserhàti T, Forgàcs E, Deyl Z, Miksik I and Eckhardt E (2004) “Chromatographic Determination of Herbicide Residues in Various Matrices”, Biomedical Chromatography, 18: 350–359.

Dickens F and Jones HEH (1961) “Carcinogenic Activity of A Series of Related Lactones and Related Substances”, British Journal of Cancer, 15(1): 85–89.

Dierick K, Coillie EV, Swiecicka I, Meyfroidt G, Devlieger H, Meulemans A, Hoedemaekers G, Fourie L, Heyndrickx M and Mahillon J (2005) “Fatal Family Outbreak of *Bacillus cereus*-Associated Food Poisoning”, Journal of Clinical Microbiology, 43(8): 4277-4279.

Dolatowski ZJ, Stadnik J and Stasiak D (2007) “Applications of Ultrasound in Food Technology”, ACTA Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria, 6 (3): 89-99.

Doyuran SD ve Gültekin M (2015) Türkiye’de Meyve Suyu Sektörü, Gıda Mühendisliği Dergisi, <http://www.gidamo.org.tr/resimler/ekler>, 20 Ağustos 2015.

Dunn JE (2001) Pulsed Electric Field Processing: an overview; In Barbosa-Cánovas GV and Zhang QH (Editors): Pulsed Electric Fields in Food Processing: Fundamental Aspects and Applications, Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, PA., 1-30.

Durmuşoğlu E ve Çelik C (2001) “Türkiye’de Pestisit Kalıntıları Üzerindeki Araştırmalar”, Türkiye Entomoloji Dergisi, 25(1): 65-80.

Durmuşoğlu E (2002) “İzmir’de Pazara Sunulan Domates ve Hıyarlarda Bazı Organik Fosforlu İnsektisit Kalıntısının Saptanması Üzerine Araştırmalar”, Türkiye Entomoloji Dergisi, 26(2): 93-104.

Dymek K, Dejmek P and Gómez Galindo F (2014) “Influence of Pulsed Electric Field Protocols on the Reversible Permeabilization of Rucola Leaves”, Food and Bioprocess Technology, 7:761–773.

Earnshaw RG, Appleyard J and Hurst RM (1995) “Understanding Physical Inactivation Processes: Combined Preservation Opportunities Using Heat, Ultrasound and Pressure”, International Journal of Food Microbiology, 28(2):197-219.

Ekşi A, Reicheneder E and Kieninger H (1980) “Über die chemische Zusammensetzung der Sauerkirschmutteraeften aus verschiedenen Sorten”, Flussiges Obst, 47, 494–496.

Ekşi A ve Akdağ E (2006) “Türkiye’de Meyve Suyu Üretimi ve Tüketimi”, Dört Mevsim Meyve Suyu, 4(1): 2-4.



Elez-Martinez P and Martin-Belloso O (2007) “Effects of High Intensity Pulsed Electric Field Processing Conditions on Vitamin C and Antioxidant Capacity of Orange Juice and Gazpacho, A Cold Vegetable Soup”, Food Chemistry, 102(1): 201-209.

Erkmen O and Bozoğlu TF (2008) Food microbiology-1: Microorganisms in Foods, Microbial Growth, Foodborne Diseases and Detection of Microorganisms and their Toxins, İlke Publishing Company, Ankara.

Espachs-Barroso A, Barbosa-Canovas GV and Martin-Belloso O (2003) “Microbial and Enzymatic Changes in Fruit Juices Induced by High-Intensity Pulsed Electric Fields”, Food Reviews International, 19 (3): 253-273.

Evrendilek GA, Zhang QH and Richter ER (1999) “Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Escherichia coli* 8739 in Apple juice by Pulsed Electric Fields”, Journal of Food Protection, 62(7): 793-796.

Evrendilek GA, Jin ZT, Ruhlman KT, Qui X, Zhang QH and Richter ER (2000) “Microbial Safety and Shelf-Life of Apple Juice and Cider Processed by Bench and Pilot Scale PEF Systems”, Innovative Food Science Emerging Technologies, 1: 77-86.

Evrendilek GA, Yeom HW, Jin ZT and Zhang QH (2004a) “Safety and Quality Evaluation of Yoghurt-Based Drink Processed by a Pilot Plant PEF System”, Journal of Food Process Engineering, 27(3): 197-212.

Evrendilek GA, Zhang QH and Richter ER (2004b) “Application of Pulsed Electric Fields to Skim Milk Inoculated with *Staphylococcus aureus*”, Biosystem Engineering, 87(2): 137-144.

Evrendilek GA, Tok FM, Soylu EM and Soylu S (2008) “Inactivation of *Penicillium expansum* in Sour Cherry Juice, Peach and Apricot Nectars by Pulsed Electric Fields”, Food Microbiology, 25(5): 662– 667.

Evrendilek GA, Mehmetoğlu AÇ, Coşansu S ve Erkmen O (2011) Gıda Mikrobiyolojisi: Yeni Yöntemlerle Gıdaların Korunması, 3. Baskı, Editör: Osman Erkmen, Efil Yayınevi, Ankara.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2002), International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides, <http://www.fao.org/docrep/018/a0220e/a0220e00.pdf>, 15 Mart 2014; Derleyen: Altıkat A Turan T Ekmekyapar ve Torun F (2009) “Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye olan Etkileri”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, (2): 87-92.

Felows P (2000) Food Processing Technology Principle and Practice, Second Edition, CRC Pres, Boca Raton Boston NY Washington, DC.

Fenik J, Tankiewicz M and Biziuk M (2011) “Properties and Determination of Pesticides in Fruits and Vegetables”, Trends in Analytical Chemistry, 30(6): 814-826.



Guzel-Seydim ZB, Bever P and Greene AK (2004b) "Efficacy of Ozone to Reduce Bacterial Populations in the Presence of Food Components", Food Microbiology, 21: 475-479.

Hajslova J and Zrostlikova J (2003) "Matrix Effects in (Ultra) Trace Analysis of Pesticide Residues in Food and Biotic Matrices", Journal of Chromatography A Abbreviation, 1000: 181-197.

Haktanır K ve Arcak S (1998) "Çevre Kirliliği Ders Kitabı", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1503, 457.

Heming JC, Davis AC and Robinson WB (1954) "Flavor and Color Evaluation of Canning Crops Grown in Soil Treated with Insecticides", Journal of Food Technology, 8: 227.

Hermawan N, Evrendilek GA, Dantzer WR, Zhang QH and Richter ER (2004) "Pulsed Electric Field Treatment of Liquid whole Egg Inoculated with *Salmonella* Enteritidis", Journal of Food Safety, 24(1): 71-85.

Hinrichs-Berger J (2004) "Epidemiology of *Pseudomonas syringae* Pathovars Associated with Decline of Plum Trees in the Southwest of Germany", Journal of Phytopathology, 152: 153-160; Derleyen: Kennelly MM, Cazorla FM, Vicente A and Ramos C and Sundin GW (2007) "*Pseudomonas syringae* Diseases of Fruit Trees", Plant Disease, 91: 4-17.

Horvath M, Bilitzky L and Huttner J (1985) "Ozone", Elsevier, New York.

Hülshager H, Potel J and Niemann EG (1983) "Electric Field Effects on Bacteria and Yeast Cells", Radiation Environmental Biophysics 22:149-162.

Jacqueline IK (1981) Kirk-Othmer (Editor) Encyclopedia of Chemical Technology, Third edition, John Wiley & Sons, New York.

Kang SY, Seeram NP, Nair MG and Bourquin LD (2003) "Tart Cherry Anthocyanins Inhibit Tumor Development in Apcmin Mice and Reduce Proliferation of Human Colon Cancer Cells", Cancer Letters, 194: 13-19.

Karaca H ve Velioğlu YS (2007) "Ozone Applications in Fruit and Vegetable Processing", Food Reviews International, 23: 1, 91-106

Karadağ H (2007) Süperdioksit Dismutaz Enzimin İnsan Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Bazı Pestisitlerin Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisini İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kennelly MM, Cazorla FM, Vicente A, Ramos C and Sundin GW (2007) "*Pseudomonas syringae* Diseases of Fruit Trees", Plant Disease, 91: 4-17.

Kentish S and Ashokkumar M (2011) “The Physical and Chemical Effects of Ultrasound”, Feng H, Barbosa-Cánovas GV, Weiss J (Editors.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Springer Science Business Media, New York, 1-12.

Kırmusaoğlu S (2013) Elimination of Certain Foodborne Pathogens in Various Fruit Juices by Combination of Ultrasonication and Mustard Seed, Doctoral Thesis, Abant İzzet Baysal University Institute of Science, Bolu.

Kim JG (1998) Ozone as An Antimicrobial Agent in Minimally Processed Foods, Ph. D. Thesis, The Ohio State University, USA.

Kim JG, Yousef AE and Dave S (1999) “Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods: A Review”, *Journal of Food Protection*, 62(9) : 1071-1087.

Kim JG, Yousef AE and Khadre MA (2003) “Ozone and Its Current and Future Application in the Food Industry”, *Advanced In Food and Nutrition Research*, 45: 167-218.

Kim SK, Kim KP, Jang SS, Shin EM, Kim MJ, Oh S and Ryu S (2009) “Prevalence and Toxigenic Profiles of *Bacillus cereus* Isolated from Dried Red Peppers, Rice and Sunsik in Korea”, *Journal of Food Protection*, (72)3: 578-582.

Kim JB, Kim JM, Kim CH, Seo KS, Park YB, Choi NJ and Oh DH (2010) “Emetic Toxin Producing *Bacillus cereus* Korean Isolates Contain Genes Encoding Diarrheal-related Enterotoxins”, *International Journal of Food Microbiology*, 144(1): 182-186.

Kinosita KJ and Tsong TY (1977) “Voltage Induced Pore Formation and Haemolysis Erythrocytes”, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Biomembranes*, 471: 227-242.

Klaiber RG, Baur S, Magel L, Hammes WP and Carle R (2004) “Quality of Shredded, Packaged Carrots as Affected by Different Washing Treatments”, *Journal of Food Science*, 69 (4): 161–166.

Knorr D, Zenker M, Heinz V and Lee DU (2004) “Applications and Potential of Ultrasonic in Food Processing”, *Trends in Food Science Technology* 15: 261-266.

Kogelschatz U (1988) *Advanced Ozone Generation*, In: Stucki S (Editor), *Process Technologies for Water Treatment*, Plenum Publishers, New York, 87–120.

Kubaş A ve Hurma H (2002) “Tarımsal Üretimde Kimyasal İlaç Kullanımı”, *Dünya Gıda Dergisi*, 6: 64-67.

Lado BH and Yousef AE (2002) “Alternative Food-Preservation Technologies: Efficacy and Mechanisms”, *Microbes and Infection* 4: 433–440.

Lauterborn W and Ohl CD (1997) “Cavitation Bubble Dynamics”, *Ultrasonics Sonochemistry*, 4: 65-75.

Lee J, Drust RW and Wrolstad RE (2005) "Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juice, Beverages, Natural Colorants and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study", *Journal of AOAC International*, 88(5): 1269-1278.

Lewis L, Zhuang H, Payne FA and Barth MM (1996) "Beta-carotene Content and Color Assessment in Ozone-treated Broccoli Florets During Modified Atmosphere Packaging", In 1996 IFT Annual Meeting Book of Abstracts. Institute of Food Technologists: Chicago.

Liew CL and Prange RK (1994) "Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Caucus carota* L.)", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 563–567.

Luwe MWF, Takahama U and Heber U (1993) "Role of Ascorbate in Detoxifying Ozone in the Apoplast of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaves", *Plant Physiology*, 101: 969–976.

Maged E, Mohamed A, Aymen H and Amer Eissa (2012) "Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology", In: *Structure and Function of Food Engineering*, INTECH, 275–306.

Manley TC and Niegowski SJ (1967) Ozone, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Second Edition, Wiley, New York, 410–432.

Maroni M, Colosio C, Ferioli A and Fait A (2000) "Biological Monitoring of Pesticide Exposure: A review, Introduction", *Toxicology*, 143(1): 1- 118.

Martín-Belloso O , Vega-Mercado H , Qin BL , Chang FJ , Barbosa-Cànovas GV and Swanson BC (1997a) "Inactivation of *Escherichia coli* Suspended in Liquid Egg Using Pulsed Electric Fields", *Journal of Food Processing and Preservation*, 21(3): 193-208.

Martín-Belloso O, Qin BL, Chang FJ, Barbosa-Cànovas GV and Swanson BC (1997b) "Inactivation of *Escherichia coli* in Skim Milk by High Intensity Pulsed Electric Fields", *Journal of Food Process Engineering*, 20(4): 317-336.

Martínez-Blanch JF, Sánchez G, Garay E and Aznar R (2010) "Evaluation of Realtime PCR Assay for the Detection and Quantification of *Bacillus cereus* Group Spores in Food", *Journal of Food Protection*, 73(8) : 1480-1485.

Mason TJ and Lorimer JP (2002) *Applied Sonochemistry: Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing*, Wiley- VCH Weinheim, 303.

Mayer VW and Legaror MS (1969) "Production of Petite Mutants of *Saccharomyces cerevisiae* by Patulin", *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 17: 454–456; Derleyen: Morales H, Marín S, Rovira A, Ramos AJ and Sanchis V (2007) "Patulin Accumulation in Apples by *Penicillium expansum* During Postharvest Stages", *Letters in Applied Microbiology*, 44 (1): 30–35.

Mc Allister JW (1980) "Methods of Determining The Quality of Citrus Juice", In Citrus Nutrition and Quality, Editors: S. Nagy and J.A. Attaway, American Chemical Society, Washington, DC.

McClements DJ (1995) "Advances in the Application of Ultrasound in Food Analysis and Processing", Trends in Food Science and Technology, 6(9) : 293-299.

Melendez-Martinez AJ, Vicario IM and Heredia FJ (2007) "Review: Analysis of Carotenoids in Orange Juice", Journal of Food composition and Analysis, 20: 638–649.

Mertens B and Knorr D (1992) "Developments of Nonthermal Processes for Food Preservation", Food Technology, 46(5): 124-133.

Michelsen DL (1992) "Pretreatment of Textile Dye Concentrates Using Fenton's Reagent and Ozonation Prior to Biodegradation", AATCC book : 165– 170

Miller GT (2002) Living in the Environment, 12th Edition, Wadsworth/Thomson Learning.

Min S, Jin T, Yoem HW, Min SK and Zhang QH (2003) "Commercial-Scale Pulsed Electric Field Processing of Orange Juice", Journal of Food Science, 68(4):1265–1271.

Mohideen FW, Solval KM, Li J, Zhang J, Chouljenko A, Chotiko A, Prudente AD, Bankston JD and Sathivel S (2015) "Effect of Continuous Ultra-sonication on Microbial Counts and Physico-chemical Properties of Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Juice", LWT- Food Science and Technology, 60(1): 563-570.

Montville T and Matthews K (2008) Food Microbiology an Introduction, Second Edition, ASM Press, Washington, DC, USA.

Moon JH and Terao J (1998) "Antioxidant Activity of Caffeic Acid and Dihydro Caffeic Acid in Lard and Human Low-density Lipoprotein", Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46: 5062-5065.

Morales H, Marín S, Rovira A, Ramos AJ and Sanchis V (2007) "Patulin Accumulation in Apples by *Penicillium expansum* During Postharvest Stage", Letters in Applied Microbiology, 44 (1): 30–35.

Moreno JLF, Liebanas FJA, French AG and Vidal JLM (2006) "Fast Gas Chromatography and Its Use in Pesticide Residues Analysis", Journal of Chromatography A, 1111: 97–105.

Mosqueda-Melgar J, Raybaudi-Massilia RM and Martín-Belloso O (2012) "Microbiological Shelf Life and Sensory Evaluation of Fruit Juices Treated by High-intensity Pulsed Electric Fields and Antimicrobials", Food and Bioproducts Processing, 90: 205–214.

Murray RG, Steed P and He E (1965) "The Location of the Mucopeptide of Sections of the Cell Wall of *Escherichia coli* and Other Gram Negative Bacteria", Canadian Journal Microbiology, 11: 547-560.

Muthukumarappan K, Halaweish F and Naidu AS (2000) Ozone. In: Naidu A S (Editor) Natural Food Anti-Microbial Systems, CRC Press, Boca Raton, FL, 783-800.

Nadas A, Olmo M and Garcia JM (2003) "Growth of *Botrytis cinerea* and Strawberry Quality in Ozone-enriched Atmospheres", Journal of Food Science, 68 (5): 1798-1802.

Nebel C (1975) "Ozone Decolorization of Secondary Dye Laden Effluents", In: Second Symposium on Ozone Technology, Montreal, May 11-14, 336-358.

Neduzhii SA (1962) "Investigation of Emulsification Brought by Sonic and Ultrasonic Oscillations", Soviet Physics-Acustics, 7: 221-235.

Newell DG, Koopmans M, Verhoef L, Duizer E, Aidara-Kane A, Sprong H, Opsteegh M, Langelaar M, Threlfall J, Scheutz F, van der Giessen J and Kruse H (2010) "Foodborne Diseases – the Challenges of 20 Years Ago Still Persist while New Ones Continue to Emerge", International Journal of Food Microbiology, 139: S3-S15.

Oagan R (1977) Resistencia Frente al calor los Ultrasonidos Bajo Prison de *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, Ph. D. Thesis, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain; Derleyen: Ulusoy BH, Colak H and Hampikyan H (2007) "The Use of Ultrasonic Waves in Food Technology", Research Journal of Biological Sciences, 2(4): 491-497.

O'Donnell CP, Tiwari BK, Bourke P and Cullen PJ (2010) "Effect of Ultrasonic Processing on Food Enzymes of Industrial Importance", Trends in Food Science and Technology, 21(7): 358-367.

Oehlschlaeger HF (1978) Reactions of Ozone with Organic Compounds, In: Rice RG and Cotruvo JA (Editors), Ozone/Chlorine Dioxide Oxidation Products of Organic Material,. Ozone Press International, Cleveland, 20- 37.

Ordoñez JA, Aguilera MA, Garcia ML and Sanz B (1987) "Effect of Combined Ultrasonic and Heat Treatment (Thermoultrasonication) on the Survival of Strain of *Staphylococcus aureus*", Journal of Dairy Research, 54(1):61-67.

Otacı C, Tuğlular P, Turhan K, Barkın S ve Ertuğtul G (1971) "Sebzelerde Parathion Bakiyeleri", Bitki Koruma Bülteni, 12 (2):124-128.

Öğüt S ve Seçilmiş H (2009) Tarım İlaçlarının (Pestisitler) Olası Çevre Etkileri, International Davraz Congress on Social and Economic Issues Shaping the World's Future: New Global Dialogue, Isparta.

Öncüer C (1995) Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.

Öncüer C (2003) Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları, 4. Baskı, Adnan Menderes Üniversitesi, Yay. No: 54, Aydın.

Özgün O, Boncuk H, Sarıgül A, Atamer P, Yüksel L, Salcı B ve Şenöz B (1997) “Meyve Sularında Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Araştırmalar”, TAGEM İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Genel Yay. No: 35, Özel Yay. No: 31, 25, Ankara.

Özler M, Öter Ş ve Korkmaz A (2009) “Ozon Gazının Tıbbi Amaçlı Kullanılması”, TAF Preventive Medicine Bulletin, 8(1):59-64.

Öztekin L (2005) Şeftali ve Şeftali Sularında Bazı Organik Fosforlu ve Bromlu Pestisit Kalıntılarının Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Pagan R, Manas P, Raso J and Condon S (1999) “Bacterial Resistance to Ultrasonic Waves Under Pressure at Nonlethal and Lethal (Manothermosonication) Temperatures”, Applied and Environmental Microbiology, 65: 297-300; Derleyen: Ulusoy BH, Colak H and Hampikyan H (2007) “The Use of Ultrasonic Waves in Food Technology”, Research Journal of Biological Sciences, 2(4): 491-497.

Palacios J, Burgos J, Hoz L, Sanz B and Ordoñez JA (1991) “Study of Substances Released by Ultrasonic Treatment from *Bacillus stearothermophilus* spores”, Journal Applied Bacteriology, 71(5): 445-451.

Pearson D and Churchill AA (1970) “The Chemical Analyses of Foods”, Gloucester Place, Vol: 104, 233.

Perez AG, Sanz C, Rios JJ, Olias R and Olias JM (1999) “Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 1652–1656.

Piyasena P, Mohareb E and McKellar RC (2003) “Inactivation of Microbes Using Ultrasound: A Review”, International Journal of Food Microbiology, 87: 207– 216.

Pizzichemi M (2007) Application of Pulsed Electric Fields to Food Treatment, Nuclear Physics B ( Proc. Suppl.), 172: 314-316.

Pothakamury UR, Vega H, Zhang Q, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1996) “Effect of Growth Stage and Processing Temperature on the Inactivation of *E. coli* by Pulsed Electric Fields”, Journal of Food Protection, 59(11): 1167–1171.

Qin BL, Pothakamury UR, Vega H, Martin O, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1995a) “Food Pasteurization Using High Intensity Pulsed Electric Fields”, Food Technology, 49(12): 55-60.

Qin BL, Chang F, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1995b) “Nonthermal Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in Apple Juice Using Pulsed Electric Fields”, Lebensmittel-Wissenschaft Technologie, 28: 564-568.



Rahman SM (2007) Handbook of Food Preservation, Second Edition, CRC Press, London, 713-739.

Ranieri A, D'Urso G, Nali C, Lorenzini G and Soldatini GF (1996) "Ozone Stimulates Apoplastic Antioxidant Systems in Pumpkin Leaves", *Physiologia Plantarum*, 97: 381–387.

Rastogi NK (2003) "Application of High-intensity Pulsed Electrical Fields in Food Processing", *Food Reviews International* 19(3): 229–251.

Restaino L, Frampton EW, Hemphill JB and Palnikar P (1995) "Efficacy of Ozonated Water Against Various Food Related Microorganisms", *Applied and Environmental Microbiology*, 61(9): 3471-3475.

Rice RG, Robson CM, Miller GW and Hill AG (1981) "Uses of Ozone in Drinking Water Treatment", *Journal of the American Water Works Association*, 73(1): 44–57.

Rice RG (1986) Application of Ozone in Water and Waste Water Treatment, In: Rice RG and Browning MJ (Editors) *Analytical Aspects of Ozone Treatment of Water and Waste Water*, The Institute, Syracuse, 7–26.

Rivas A, Rodrigo D, Martinez A, Barbosa-Canovas GV and Rodrigo M (2006) "Effect of PEF and Heat Pasteurization on The Physical–Chemical Characteristics of Blended Orange and Carrot Juice", *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie*, 39: 1163–1170.

Robinson AL and McKillip JL (2010) "Biology of *Escherichia coli* O157:H7 in Human Health and Food Safety with Emphasis on Sublethal Injury and Detection", *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2: 1096–1105.

Rowland FS (2006) "Stratospheric Ozone Depletion", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 361: 769-790.

Sala FJ, Burgos J, Condon S, Lopez P and Raso J (1995) Effect of Heat and Ultrasound on Microorganisms and Enzymes, In: Gould GW (Editor.), *New Methods of Food Preservation*, Blackie Academic & Professional, London, 176–204.

Sale AJH and Hamilton WA (1967) "Effects of High Electric Fields on Microorganisms: I. Killing of Bacteria and Yeast", *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subject*, 148(3): 781-788.

Sanz P, Palacios P, Lopez P and Ordinez JA (1985) "Effect of Ultrasonic Waves on the Heat Resistance of *Bacillus stearotherophilus* Spores" Dring GJ, Ellars DJ and Gould GW (Editors), *Fundamental and Applied Aspects of Bacteria Spores*, New York, 251-259.

Sarasa J, Rache MP, Puig A, Ormed MP, Mutuberria P and Ovellerio JL (1993) "In: Proceedings of 11th Ozone World Congress", San Francisco, S-7-91–S-7-105.

Scherba G, Weigel RM and O'Brien WD Jr (1991) "Quantitative Assessment of the Germicidal Efficacy of Ultrasonic Energy", *Applied Environmental Microbiology*, 57(7): 2079-2084.

Schilling S, Schmid S, Jager H, Ludwig M, Dietrich H, Toepfl S, Knorr D, Neidhart S, Schieber A and Carle R (2008) "Comparative Study of Pulsed Electric Field and Thermal Processing of Apple Juice with Particular Consideration of Juice Quality and Enzyme Deactivation", *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56: 4545–4554.

Scortichini M (2002) "Bacterial Canker and Decline of European Hazelnut", *Plant Disease Journal*, 86: 704-709; Derleyen: Kennelly MM, Cazorla FM, Vicente A and Ramos C, Sundin GW (2007) "*Pseudomonas syringae* Diseases of Fruit Trees", *Plant Disease*, 91: 4-17.

Scott DBM (1975) The Effect of Ozone on Nucleic Acids and Their Derivatives, In: Blogoslawski WJ and Rice RG (Editors), *Aquatic Applications of Ozone*, International Ozone Institute, Syracuse, NY, 226-240.

Sease WS (1976) Ozone Mass Transfer and Contact System, In: Rice R G, Pichet P and Vincent M A (Editors), "Proceedings of the Second International Symposium on Ozone Technology", International Ozone Association, Vienna, 1-14.

Semenov AV, van Overbeek L and van Bruggen A (2009) "Percolation and Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in Soil amended with Contaminated Dairy Manure or Slurry", *Applied Environmental Microbiology*, 75 (10) : 3206–3215.

Shechter H (1973) "Spectrophotometric Method for Determination of Ozone in Aqueous Solution", *Water Research*, 7(5) : 729-739.

Skog LJ and Chu CL (2001) "Effect of Ozone on Qualities of Fruits and Vegetables in Cold Storage", *Canadian Journal of Plant Science*, 81 (4): 773–778.

Sofuoğlu SC (2009) "Hava ve Sudaki Kirleticilere Maruziyet ve İnsan Sağlığı Riskleri-İzmir İli Deneyimi", 7. Uluslararası Katılımlı Türk Toksikoloji Derneği Kongresi, Ankara.

Soria AC and Villamiel M (2010) "Effect of Ultrasound on the Technological Properties and Bioactivity of Food: A Review", *Trends in Food Science and Technology*, 21(7): 323-331.

Spanos GA and Wrolstad RE (1990) "Influence of Processing and Storage on the Phenolic Composition of Thompson Seedless Grape Juice", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1565-1571.

Stott WT and Bullerman LB (1975) "Patulin: A Mycotoxin of Potential Concern in Foods", *Journal of Milk Food Technology*, 38: 695-705.

Stumm W (1958) "Ozone as a Disinfectant for Water and Sewage", *Journal of the Boston Society of Civil Engineers*, 46: 68.

Sung HJ, Song WJ, Kim KP, Ryu S and Kang DH (2014) “Combination Effect of Ozone and Heat Treatments for the Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in Apple Juice”, International Journal of Food Microbiology, 171: 147–153.

Şanlı Y (1994) “Türkiye’de Pestisit Tüketiminden Kaynaklanan Çevre ve Besin Kirlenmesi Sorunları”, Türkiye’de Veteriner İlaçların Üretimi, Pazarlanması, Güvenli Kullanımı ve Kalıntı Sorunları Sempozyumu, 13-14 Ekim 1994, Ankara.

Tağa Ö (2007) Ege ve Akdeniz Bölgelerinde Yetişen Narince Ürünlerindeki Pestisit Kalıntı Düzeylerinin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Tatlı Ö (2006) Ege Bölgesine Özgü Bazı Yaş Meyve, Sebze ve Kurutulmuş Gıda Ürünlerinde Pestisit Kalıntı Düzeylerinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Tiryaki O, Canhilal R ve Horuz S (2010) “Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2): 154-169.

Tiwari BK, Muthukumarappan K, O'Donnell CP and Cullen PJ (2008) “Modelling Colour Degradation of Orange Juice by Ozone Treatment Using Response Surface Methodology”, Journal of Food Engineering, 88: 553-560.

Tiwari BK, O'Donnell CP, Muthukumarappan K and Cullen PJ (2009a) “Anthocyanin and Colour Degradation in Ozone Treated Blackberry Juice”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 70–75.

Tiwari BK, O'Donnell CP, Patras A, Brunton N and Cullen PJ (2009b) “Effect of Ozone Processing on Anthocyanins and Ascorbic Acid Degradation of Strawberry Juice”, Food Chemistry, 113: 1119-1126.

Toros S, Maden S ve Sözeri S (1999) Tarımsal Savaş Yöntem ve İlaçları, Genişletilmiş 1.Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Üniversitesi, Ders kitabı: 462, Ankara.

Tunur Ç (2009) Hatay İlinin değişik Bölgelerinde Yetiştirilen Sebze ve Meyvelerdeki Pestisit Kalıntılarının İncelenmesi, Yüksek Lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Ulusoy BH, Colak H and Hampikyan H (2007) “The Use of Ultrasonic Waves in Food Technology”, Research Journal of Biological Sciences, 2(4): 491-497.

USDA (2000) Food and Drug Administration Report, Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies: Ultrasound, <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm103342.htm>, 20 Mayıs 2014.

Uysal EE ve Evrendilek GA (2010) “Ozon Üretimi ve Gıda Endüstrisinde Uygulamaları”, Dünya Gıda Dergisi, Ocak (1): 54-62, Şubat (2) 62-66.

Üner Y (2005) “Organik Tarım Neden Önemli?”, Zaman Ailem Dergisi, Sağlık Bölümü, 134.

Valero M, Recrosio N, Saura D, Muñoz N, Martí N and Lizama V (2007) ”Effects of Ultrasonic Treatments in Orange Juice Processing”, Journal of Food Engineering, 80(2): 509–516.

Vega-Mercado H, Pothakamury UR, Chang FJ, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1996a) “Inactivation of *Escherichia coli* by Combining pH, Ionic Strength and Pulsed Electric Fields Hurdles”, Food Research International, 29(2) :117–121.

Vega-Mercado H, Martín-Belloso O, Chang FJ, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1996b) “Inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* Suspended in Pea Soup Using Pulsed Electric Field”, Journal of Food Processing and Preservation, 20(6): 501-510.

Vega-Mercado H , Martín-Belloso O , Qin BL , Chang FJ , Góngora-Nieto MM, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1997) “Non-thermal Food Preservation: Pulsed Electric Fields”, Trends in Food Science and Technology, 8: 151–157.

Velioğlu S and Yildiz O (1996) “Chemical Composition of Turkish Sour Cherry Juices”, Gıda, 21: 103–107.

Vercet A, Burgos J, Crelier S and Lopez-Buesa P (2001) “Inactivation of Proteases and Lipases by Ultrasound”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2: 139-150.

Victorin K (1992) “Review of the Genotoxicity of Ozone, Mutation Research/ Reviews in Genetic Toxicology, 277(3): 221–238.

Villamiel M, van Hamersveld EH and Jong PDe (1999) “Effect of Ultrasound Processing on the Quality of Dairy Products”, Milchwissensch, 54 (2):69-74.

Walkling-Ribeiro M, Noci F, Riener J, Cronin DA, Lyng JG and Morgan DJ (2009) “The Impact of Thermosonication and Pulsed Electric Field on *Staphylococcus aureus* Inactivation and Selected Quality Parameters in Orange Juice”, Food Bioprocess Technology, 2: 422–430.

Walorczyk S (2007) “Development of a Multi-residue Screening Method for the Determination of Pesticides in Cereals and Dry Animal Feed Using Gas Chromatography–triple Quadrupole Tandem Mass Spectrometry”, Journal of Chromatography A, 1165(1–2): 200–212.

Wang H, Cao G and Prior RL (1996) “Total Antioxidant Capacity of Fruits”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 701–705.

Wang H, Nair MG, Strasburg GM, Chang YC, Booren AM, Gray JI and DeWitt DL (1999) "Antioxidant and Antiinflammatory Activities of Anthocyanins and Their Aglycon, Cyanidin from Tart Cherries", Journal of Natural Products, 62: 294–296.

Wesierska E and Trziszka T (2007) "Evaluation of the Use of Pulsed Electrical Field as Afactor with Antimicrobial Activity", Journal of Food Engineering, 78: 1320–1325.

Wickramanayaka GB (1991) Disinfection and Sterilization by Ozone, In: Seymour S B (Editor), Disinfection, Sterilization and Preservation, Fourth edition, Lea and Febiyer, Malvern, PA, 182–190.

Wouters PC, Alvarez I and Raso J (2001) "Critical Factors Determining Inactivation Kinetics by Pulsed Electric Field Food Processing", Trends in Food Science Technology, 12(3-4): 112–121.

Xiang B, Sundararajan S, Solval KM, Espinoza-Rodezno L, Aryana K and Sathivel S (2014) "Effects of Pulsed Electric Fields on Physicochemical Properties and Microbial Inactivation of Carrot Juice", Journal of Food Processing and Preservation, 38: 1556–1564.

Xue J, Chen L and Wang H (2008) "Degradation Mechanism of Alizarin Red in Hybrid Gas–Liquid Phase Dielectric Barrier Discharge Plasmas: Experimental and Theoretical Examination", Chemical Engineering Journal, 138: 120–127.

Yang Z, Cao S, Cai Y and Zheng Y (2011) "Combination of Salicylic Acid and Ultrasound to Control Postharvest Blue Mold Caused by *Penicillium expansum* in Peach Fruit", Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12: 310–314.

Yıldırım E (2008) "Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve Kullanılan İlaçlar", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.

Yıldız A (2009) Alaşehir Bölgesinde üzümler İçin Kullanılan Pestisit Çeşitlerine Kemometrik Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Yiğit V (1975) "Şeftali Sularında Bazı Organik Fosforlu Pestisit Kalıntıları Üzerinde Araştırmalar", TÜBİTAK Marmara Bilimsel Araştırma Enstitüsü, Yayın No:6, 63.

Yerlikaya P ve Gökoğlu N (2003) Gıda Endüstrisinde Yüksek Frekanslı Ultrason Uygulamaları, 8. Gıda Kongresi, 26-28 Mayıs 2003, Bursa.

Yeom HW, Streaker CB, Zhang QH and Min DB (2000) "Effects of Pulsed Electric Fields in the Activity of Microorganisms and Pectin Methyl Esterase in Orange Juice", Journal of Food Science, 65: 1359– 1363.

Yoem HW, Evrendilek GA, Jin ZT and Zhang QH (2004) "Processing of Yogurt Based Product with Pulsed Electric Fields: Microbial, Sensory and Physical Evaluations", Journal of Food Processing and Preservation, 28(3): 161-178.

Yücel Ü (2007) Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri. Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü. Ankara. <http://www.dogainsanisbirligidernegi.org.tr/makaleler/pestisitler.doc>, 21.Ekim.2014.

Zhang Q, Chang FJ, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1994) “Inactivation of Microorganisms in Semisolid Model Foods Using High Voltage Pulsed Electric Fields”, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 27: 538-543.

Zhang QH, Qin BL, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1995a) “Inactivation of *E. coli* for Food Pasteurization by High-Strength Pulsed Electric Fields”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 19(2): 103-118.

Zhang QH, Barbosa-Cánovas GV and Swanson BG (1995b) “Engineering Aspects of Pulsed Electric Field Pasteurization”, *Journal of Food Engineering*, 25: 261–281.

Zhang Z, Kou X, Fugal K and McLaughlin J (2004) “Comparison of HPLC Methods For Determination of Anthocyanins and Anthocyanidins in Bilberry Extracts”, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52: 688–691.

Zhang L, Lu Z, Yu Z and Gao X (2005) “Preservation Fresh-cut Celery by Treatment of Ozonated Water”, *Food Control*, 16: 279–283.

Zhang Y, Gao B, Zhang M, Shi J and Xu Y (2009) “Pulsed Electric Field Processing Effects on Physicochemical Properties, Flavor Compounds and Microorganisms of Longan Juice”, *Journal of Food Processing and Preservation* 34: 1121–1138.

Zhang Y, Hou Y, Zhang Y, Chen J, Liao X and Hu X (2012) “Reduction of Diazinon and Dimethoate in Apple Juice by Pulsed Electric Field Treatment”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (4): 743-750.

Zimmermann U (1986) “Electrical Breakdown, Electroporation and Electrofusion”, *Physiology Biochemical Pharmacology*, 105: 175-256.



# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A Açıklama

**EK A.1** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun pH Değerleri Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | pH*                     |
|--------------|-------------------------|
| KONTROL      | 3.31±0.02 <sup>a</sup>  |
| PEF1         | 3.56±0.01 <sup>e</sup>  |
| PEF2         | 3.57±0.02 <sup>e</sup>  |
| OZON         | 3.47±0.07 <sup>b</sup>  |
| US           | 3.52±0.01 <sup>d</sup>  |
| PEF1+OZON    | 3.48±0.07 <sup>bc</sup> |
| PEF2+OZON    | 3.51±0.01 <sup>cd</sup> |
| PEF1+US      | 3.53±0.07 <sup>d</sup>  |
| PEF2+US      | 3.53±0.07 <sup>d</sup>  |
| PEF1+OZON+US | 3.46±0.01 <sup>b</sup>  |
| PEF2+OZON+US | 3.47±0.01 <sup>b</sup>  |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).



**EK A.2** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Suda Çözünen Toplam Kuru Madde Değerleri Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | °BRİKS                   |
|--------------|--------------------------|
| KONTROL      | 13.00±0.17 <sup>c</sup>  |
| PEF1         | 11.83±0.97 <sup>ab</sup> |
| PEF2         | 12.87±0.15 <sup>bc</sup> |
| OZON         | 13.03±0.06 <sup>c</sup>  |
| US           | 13.00±0.01 <sup>c</sup>  |
| PEF1+OZON    | 12.83±0.23 <sup>bc</sup> |
| PEF2+OZON    | 12.70±0.30 <sup>bc</sup> |
| PEF1+US      | 12.53±0.29 <sup>bc</sup> |
| PEF2+US      | 12.47±0.21 <sup>bc</sup> |
| PEF1+OZON+US | 11.30±0.69 <sup>a</sup>  |
| PEF2+OZON+US | 13.00±0.01 <sup>c</sup>  |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.3** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Titrasyon Asitliği (%) Değerleri Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | TİTRASYON ASİTLİĞİ (%) |
|--------------|------------------------|
| KONTROL      | 1.25±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF1         | 1.05±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF2         | 1.15±0.09 <sup>a</sup> |
| OZON         | 1.18±0.05 <sup>a</sup> |
| US           | 1.16±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF1+OZON    | 1.23±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF2+OZON    | 1.22±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF1+US      | 1.09±0.03 <sup>a</sup> |
| PEF2+US      | 1.14±0.04 <sup>a</sup> |
| PEF1+OZON+US | 1.26±0.01 <sup>a</sup> |
| PEF2+OZON+US | 1.25±0.19 <sup>a</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.4** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Kondaktivite Değerleri Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>KONDAKTİVİTE(mS/cm)</b> |
|---------------------|----------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 3.50±0.01 <sup>g</sup>     |
| <b>PEF1</b>         | 3.11±0.07 <sup>bcd</sup>   |
| <b>PEF2</b>         | 3.11±0.01 <sup>cdf</sup>   |
| <b>OZON</b>         | 3.14±0.07 <sup>f</sup>     |
| <b>US</b>           | 3.12±0.01 <sup>e</sup>     |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 3.10±0.01 <sup>bc</sup>    |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 3.11±0.01 <sup>cdf</sup>   |
| <b>PEF1+US</b>      | 3.10±0.07 <sup>b</sup>     |
| <b>PEF2+US</b>      | 3.12±0.07 <sup>de</sup>    |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 3.08±0.07 <sup>a</sup>     |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 3.10±0.00 <sup>bc</sup>    |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.5** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun L\*, a\* ve b\* Değerleri Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | L*                      | a*                      | b*                      |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| KONTROL      | 8.55±0.10 <sup>c</sup>  | 35.52±0.09 <sup>g</sup> | 13.90±0.09 <sup>d</sup> |
| PEF1         | 7.40±0.06 <sup>b</sup>  | 32.48±0.13 <sup>f</sup> | 11.67±0.08 <sup>b</sup> |
| PEF2         | 9.25±0.06 <sup>d</sup>  | 35.17±0.12 <sup>g</sup> | 14.65±0.14 <sup>e</sup> |
| OZON         | 51.87±0.08 <sup>g</sup> | 27.88±0.15 <sup>c</sup> | 76.48±0.05 <sup>i</sup> |
| US           | 7.75±0.06 <sup>b</sup>  | 35.08±0.13 <sup>g</sup> | 12.90±0.17 <sup>c</sup> |
| PEF1+OZON    | 51.93±0.42 <sup>g</sup> | 28.74±0.44 <sup>d</sup> | 76.41±0.24 <sup>i</sup> |
| PEF2+OZON    | 53.55±0.04 <sup>h</sup> | 24.95±0.08 <sup>a</sup> | 73.58±0.45 <sup>h</sup> |
| PEF1+US      | 4.75±0.03 <sup>a</sup>  | 26.48±0.17 <sup>b</sup> | 7.47±0.08 <sup>a</sup>  |
| PEF2+US      | 9.54±0.11 <sup>d</sup>  | 34.98±0.10 <sup>g</sup> | 14.64±0.26 <sup>e</sup> |
| PEF1+OZON+US | 38.26±0.07 <sup>f</sup> | 29.70±0.43 <sup>e</sup> | 63.15±0.21 <sup>g</sup> |
| PEF2+OZON+US | 36.17±0.03 <sup>e</sup> | 32.64±0.03 <sup>f</sup> | 60.57±0.18 <sup>f</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.6** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E$ ) Değerleri Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ    |
|--------------|-------------------------|
| KONTROL      | 0.00±0.00 <sup>a</sup>  |
| PEF1         | 3.95±0.12 <sup>a</sup>  |
| PEF2         | 1.77±1.07 <sup>a</sup>  |
| OZON         | 76.36±0.22 <sup>d</sup> |
| US           | 1.37±0.18 <sup>a</sup>  |
| PEF1+OZON    | 76.39±0.10 <sup>d</sup> |
| PEF2+OZON    | 75.49±0.34 <sup>d</sup> |
| PEF1+US      | 11.73±0.13 <sup>b</sup> |
| PEF2+US      | 1.36±0.16 <sup>a</sup>  |
| PEF1+OZON+US | 57.81±0.28 <sup>c</sup> |
| PEF2+OZON+US | 57.82±6.14 <sup>c</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.7 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Kroma (C\*)**  
Değerleri Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>KROMA (C*)</b>        |
|---------------------|--------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 38.14±0.06 <sup>d</sup>  |
| <b>PEF1</b>         | 34.51±0.15 <sup>b</sup>  |
| <b>PEF2</b>         | 38.10±0.16 <sup>d</sup>  |
| <b>OZON</b>         | 81.40±0.03 <sup>h</sup>  |
| <b>US</b>           | 37.38±0.08 <sup>c</sup>  |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 81.64±0.34 <sup>h</sup>  |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 77.70±0.44 <sup>g</sup>  |
| <b>PEF1+US</b>      | 27.51±0.16 <sup>a</sup>  |
| <b>PEF2+US</b>      | 37.92±0.18 <sup>cd</sup> |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 69.88±0.18 <sup>f</sup>  |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 68.81±0.17 <sup>e</sup>  |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.8 Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Hue (h°)**  
Değerleri Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>HUE (h°)</b>         |
|---------------------|-------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 2.42±0.02 <sup>ef</sup> |
| <b>PEF1</b>         | 2.66±0.01 <sup>f</sup>  |
| <b>PEF2</b>         | 2.26±0.02 <sup>e</sup>  |
| <b>OZON</b>         | -2.38±0.11 <sup>b</sup> |
| <b>US</b>           | 2.60±0.05 <sup>ef</sup> |
| <b>PEF1+OZON</b>    | -1.29±0.18 <sup>c</sup> |
| <b>PEF2+OZON</b>    | -5.16±0.39 <sup>a</sup> |
| <b>PEF1+US</b>      | 3.45±0.05 <sup>g</sup>  |
| <b>PEF2+US</b>      | 2.25±0.04 <sup>e</sup>  |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | -0.62±0.04 <sup>d</sup> |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | -0.29±0.01 <sup>d</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.9** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Antioksidan Kapasitesi (%) Değerleri Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ (%)</b> |
|---------------------|------------------------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 43.59±0.98 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF1</b>         | 44.21±1.06 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF2</b>         | 43.70±0.59 <sup>c</sup>                  |
| <b>OZON</b>         | 31.68±12.91 <sup>bc</sup>                |
| <b>US</b>           | 43.42±0.29 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 23.04±8.41 <sup>ab</sup>                 |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 32.52±1.76 <sup>bc</sup>                 |
| <b>PEF1+US</b>      | 44.66±0.41 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF2+US</b>      | 45.17±0.34 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 16.09±6.65 <sup>a</sup>                  |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 31.56±10.17 <sup>bc</sup>                |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).



**EK A.10** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Fenolik Madde (mg/mL) Miktarları Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>TOPLAM FENOLİK MADDE<br/>(mg/mL)</b> |
|---------------------|-----------------------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 2.41±0.07 <sup>cd</sup>                 |
| <b>PEF1</b>         | 2.45±0.00 <sup>cd</sup>                 |
| <b>PEF2</b>         | 2.45±0.04 <sup>cd</sup>                 |
| <b>OZON</b>         | 1.45±0.04 <sup>b</sup>                  |
| <b>US</b>           | 2.47±0.20 <sup>cd</sup>                 |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 1.34±0.05 <sup>ab</sup>                 |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 1.27±0.05 <sup>ab</sup>                 |
| <b>PEF1+US</b>      | 2.30±0.07 <sup>c</sup>                  |
| <b>PEF2+US</b>      | 2.59±0.08 <sup>d</sup>                  |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 1.18±0.01 <sup>a</sup>                  |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 1.32±0.01 <sup>ab</sup>                 |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.11** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/100mL) Miktarları Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>TOPLAM MONOMERİK<br/>ANTOSİYANİN MİKTARI (mg/100mL)</b> |
|---------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 9.42±1.10 <sup>ab</sup>                                    |
| <b>PEF1</b>         | 15.49±1.06 <sup>bcd</sup>                                  |
| <b>PEF2</b>         | 22.54±1.52 <sup>de</sup>                                   |
| <b>OZON</b>         | 2.14±0.49 <sup>a</sup>                                     |
| <b>US</b>           | 19.70±1.12 <sup>cde</sup>                                  |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 1.09±0.39 <sup>a</sup>                                     |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 1.96±1.44 <sup>a</sup>                                     |
| <b>PEF1+US</b>      | 10.48±8.64 <sup>abc</sup>                                  |
| <b>PEF2+US</b>      | 27.45±1.82 <sup>e</sup>                                    |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 1.11±0.49 <sup>a</sup>                                     |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 1.52±1.04 <sup>a</sup>                                     |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**Ek A.12** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Toplam Askorbik Asit (%) Miktarları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | ASKORBİK ASİT (%)         |
|--------------|---------------------------|
| KONTROL      | 56.59±0.68 <sup>g</sup>   |
| PEF1         | 53.24±0.72 <sup>cd</sup>  |
| PEF2         | 53.74±0.65 <sup>cde</sup> |
| OZON         | 53.97±0.43 <sup>cde</sup> |
| US           | 54.84±0.75 <sup>ef</sup>  |
| PEF1+OZON    | 46.97±0.55 <sup>a</sup>   |
| PEF2+OZON    | 49.24±0.74 <sup>b</sup>   |
| PEF1+US      | 55.62±0.91 <sup>fg</sup>  |
| PEF2+US      | 60.31±0.50 <sup>h</sup>   |
| PEF1+OZON+US | 52.59±0.88 <sup>c</sup>   |
| PEF2+OZON+US | 54.25±0.99 <sup>def</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.13** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Vişne Suyunun Bulanıklılık Miktarları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | BULANIKLIK (NTU)        |
|--------------|-------------------------|
| KONTROL      | 70.38±2.80 <sup>g</sup> |
| PEF1         | 90.85±2.34 <sup>1</sup> |
| PEF2         | 34.98±0.06 <sup>b</sup> |
| OZON         | 44.62±0.33 <sup>c</sup> |
| US           | 12.85±0.08 <sup>a</sup> |
| PEF1+OZON    | 59.64±0.03 <sup>e</sup> |
| PEF2+OZON    | 64.85±0.30 <sup>f</sup> |
| PEF1+US      | 93.64±0.62 <sup>1</sup> |
| PEF2+US      | 34.46±0.43 <sup>b</sup> |
| PEF1+OZON+US | 87.28±0.34 <sup>h</sup> |
| PEF2+OZON+US | 48.48±0.19 <sup>d</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.14** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Cyprodinil Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | CYPRODINİL (ppb)         |
|--------------|--------------------------|
| KONTROL      | 79.28±0.89 <sup>f</sup>  |
| PEF1         | 60.25±1.95 <sup>e</sup>  |
| PEF2         | 66.10±0.20 <sup>e</sup>  |
| OZON         | 27.23±0.74 <sup>c</sup>  |
| US           | 52.85±2.14 <sup>d</sup>  |
| PEF1+OZON    | 19.85±0.50 <sup>b</sup>  |
| PEF2+OZON    | 10.98±0.83 <sup>a</sup>  |
| PEF1+US      | 61.40±6.82 <sup>e</sup>  |
| PEF2+US      | 74.00±2.74 <sup>f</sup>  |
| PEF1+OZON+US | 22.08±0.83 <sup>bc</sup> |
| PEF2+OZON+US | 9.42±0.49 <sup>a</sup>   |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.15** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Malathion Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi

| <b>UYGULAMALAR</b>  | <b>MALATHION (ppb)</b>  |
|---------------------|-------------------------|
| <b>KONTROL</b>      | 24.77±0.06 <sup>f</sup> |
| <b>PEF1</b>         | 10.05±0.13 <sup>c</sup> |
| <b>PEF2</b>         | 12.00±0.10 <sup>d</sup> |
| <b>OZON</b>         | 3.67±0.15 <sup>a</sup>  |
| <b>US</b>           | 18.93±1.05 <sup>e</sup> |
| <b>PEF1+OZON</b>    | 6.47±0.02 <sup>b</sup>  |
| <b>PEF2+OZON</b>    | 10.57±0.15 <sup>c</sup> |
| <b>PEF1+US</b>      | 4.16±0.01 <sup>a</sup>  |
| <b>PEF2+US</b>      | 12.50±0.10 <sup>d</sup> |
| <b>PEF1+OZON+US</b> | 6.27±0.01 <sup>b</sup>  |
| <b>PEF2+OZON+US</b> | 10.26±0.01 <sup>c</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.16** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Tau-Fluvalinate Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | TAU FLUVALINATE (ppb)     |
|--------------|---------------------------|
| KONTROL      | 24.10±0.82 <sup>f</sup>   |
| PEF1         | 22.10±0.10 <sup>ef</sup>  |
| PEF2         | 17.35±0.05 <sup>bc</sup>  |
| OZON         | 14.57±0.06 <sup>ab</sup>  |
| US           | 23.70±0.20 <sup>f</sup>   |
| PEF1+OZON    | 18.87±0.25 <sup>cde</sup> |
| PEF2+OZON    | 14.80±0.17 <sup>ab</sup>  |
| PEF1+US      | 16.73±0.06 <sup>bc</sup>  |
| PEF2+US      | 17.47±3.74 <sup>bcd</sup> |
| PEF1+OZON+US | 11.73±0.06 <sup>a</sup>   |
| PEF2+OZON+US | 20.83±0.06 <sup>def</sup> |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**EK A.17** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Chlorpyrifos Ethyl Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | CHLORPYRIFOS ETHYL (ppb) |
|--------------|--------------------------|
| KONTROL      | 52.33±1.23 <sup>d</sup>  |
| PEF1         | 13.68±0.59 <sup>b</sup>  |
| PEF2         | 21.55±2.66 <sup>c</sup>  |
| OZON         | 4.99±0.00 <sup>a</sup>   |
| US           | 34.15±8.44 <sup>d</sup>  |
| PEF1+OZON    | 4.99±0.00 <sup>a</sup>   |
| PEF2+OZON    | 4.99±0.00 <sup>a</sup>   |
| PEF1+US      | 13.75±3.27 <sup>b</sup>  |
| PEF2+US      | 25.45±4.18 <sup>c</sup>  |
| PEF1+OZON+US | 4.99±0.00 <sup>a</sup>   |
| PEF2+OZON+US | 4.99±0.00 <sup>a</sup>   |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

\*\*\*Cihazın tespit limiti 5 ppb'dir. Ölçüm yapılan örnekteki pestisit miktarı tespit limitinin altında kaldığından dolayı sonuçlar 4.99±0.00 ppb olarak rapor edilmiştir.



**EK A.18** Farklı Proses Uygulamaları Sonucu Pyraclostrobin Pestisitinin Dekompozisyonları Üzerine Etkisi

| UYGULAMALAR  | PYRACLOSTROBIN (ppb)    |
|--------------|-------------------------|
| KONTROL      | 79.62±3.75 <sup>d</sup> |
| PEF1         | 42.15±4.82 <sup>b</sup> |
| PEF2         | 60.73±5.01 <sup>c</sup> |
| OZON         | 4.99±0.00 <sup>a</sup>  |
| US           | 55.48±0.29 <sup>c</sup> |
| PEF1+OZON    | 4.99±0.00 <sup>a</sup>  |
| PEF2+OZON    | 4.99±0.00 <sup>a</sup>  |
| PEF1+US      | 41.20±6.36 <sup>b</sup> |
| PEF2+US      | 63.25±6.34 <sup>c</sup> |
| PEF1+OZON+US | 4.99±0.00 <sup>a</sup>  |
| PEF2+OZON+US | 4.99±0.00 <sup>a</sup>  |

\*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

\*\* Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ( $p < 0.05$ ).

\*\*\*Cihazın tespit limiti 5 ppb'dir. Ölçüm yapılan örnekteki pestisit miktarı tespit limitinin altında kaldığından dolayı sonuçlar 4.99±0.00 ppb olarak rapor edilmiştir.

## Ek A.19 Duyusal Analiz Değerlendirme Formu

### DUYUSAL ANALİZ ANKET FORMU

(Lütfen analize başlamadan önce aşağıdaki soruları cevaplayınız)

-Meyve suyu tüketiyor musunuz?

- ( ) Hayır, hiç tüketmiyorum  
 ( ) Ayda 1 bardak  
 ( ) İki haftada 1 bardak  
 ( ) Haftada 1 bardak  
 ( ) Her gün 1 bardak

-Vişne suyu tüketiyor musunuz?

- ( ) Hayır, hiç tüketmiyorum  
 ( ) Ayda 1 bardak  
 ( ) İki haftada 1 bardak  
 ( ) Haftada 1 bardak  
 ( ) Her gün 1 bardak

Aşağıdaki form farklı alternatif yöntemler kullanılarak pastörize edilmiş 11 adet vişne suyu örneklerini değerlendirmeniz için hazırlanmıştır. Değerlendirmede aşağıda yazıldığı gibi puanlama yapınız. Lütfen örnekleri değerlendirirken bir önceki tadı uzaklaştırmak için aralarda su içmeyi ihmal etmeyiniz. **Teşekkürler.**

|                             |                 |     |             |     |        |     |             |     |                 |     |
|-----------------------------|-----------------|-----|-------------|-----|--------|-----|-------------|-----|-----------------|-----|
| <b>Renk</b>                 | Çok açık renkli | (1) | Açık renkli | (3) | Normal | (5) | Koyu renkli | (7) | Çok koyu renkli | (9) |
| <b>Koku</b>                 | Çok kötü        | (1) | Kötü        | (3) | Normal | (5) | İyi         | (7) | Çok iyi         | (9) |
| <b>Tatlılık</b>             | Çok şekerli     | (1) | Şekersiz    | (3) | Normal | (5) | Şekerli     | (7) | Çok şekerli     | (9) |
| <b>Ekşilik</b>              | Hiç ekşi değil  | (1) | Ekşi değil  | (3) | Normal | (5) | Ekşi        | (7) | Çok ekşi        | (9) |
| <b>Ağızda bıraktığı his</b> | Çok kötü        | (1) | Kötü        | (3) | Normal | (5) | İyi         | (7) | Çok iyi         | (9) |

|                             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                             | <b>216</b> | <b>542</b> | <b>687</b> | <b>105</b> | <b>371</b> | <b>924</b> | <b>148</b> | <b>734</b> | <b>528</b> | <b>492</b> | <b>835</b> |
| <b>Renk</b>                 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Koku</b>                 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Tatlılık</b>             |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Ekşilik</b>              |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Ağızda Bıraktığı His</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Eda KESKİN

Doğum Yeri ve Tarihi : ÇORLU 25.12.1989

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : eda17keskin@gmail.com

İletişim Adresi : Acar Cad. Dalyan Mah. İlknur Sitesi B Blok  
Daire:12 Lapseki / ÇANAKKALE

Yayınlar : Keskin E, Evrendilek G A, Gölge Ö (2015)  
“Alternatif Teknolojilerin Vişne Suyunun Kalite ve Güvenliği Üzerine Etkisi”, 5. Gıda Güvenliği Kongresi, 7-8 Mayıs, İstanbul.

Ödüller : 2011-2012 ERASMUS öğrenci değişim hareketliliği ile Macaristan’ın Szeged Üniversitesinde eğitim aldım. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği lisans programından bölüm birincisi olarak mezun oldum.