

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**ÜZÜM SUYUNDA PATOJEN *BOTRYTIS CINEREA*'NIN
ULTRASONİKASYON VE NATAMİSİN KOMBİNASYONU
İLE YOK EDİLMESİ VE BAZI KALİTE
PARAMETRELERİNDEKİ DEĞİŞİM ÜZERİNE
ARAŞTIRMALAR**

SEYDİ YIKMIŞ

**DANIŞMAN
PROF. DR. HARUN AKSU**

**BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2018

TEZ ONAYI

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Programında Doktora öğrencisi Seydi YIKMIŞ tarafından Prof.Dr.Harun AKSU'nun danışmanlığında hazırlanan “Üzüm Suyunda Patojen Botrytis cinerea'nın Ultrasonikasyon ve Natamisin Kombinasyonu ile Yok Edilmesi ve Bazı Kalite Parametrelerindeki Değişim Üzerine Araştırmalar” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 14.09.2018 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında başarılı bulunmuş ve Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı



Prof.Dr.Özge ÖZGEN ARUN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Jüri-Danışman



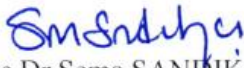
Prof.Dr.Harun AKSU
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Jüri



Doç.Dr.Yasemin ŞAHAN
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü

Jüri



Doç.Dr.Sema SANDIKÇI ALTUNATMAZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Veterinerlik Meslek Yüksekokulu
Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü

Jüri



Dr.Öğr.Üyesi Dilek DÜLGER ALTINER
Kocaeli Üniversitesi
Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Seydi YIKMIŞ

İTHAF

Aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, değerli yardımları ile çalışmamı yönlendiren, her konuda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm danışman hocam Prof. Dr. Harun AKSU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Katkılarından dolayı Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik bölümüne teşekkür ederim. Kütüphane temininde desteklerinden dolayı Doç. Dr. Göksel Özer'e teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde, bana emek veren, her zaman desteklerini hissettiğim aileme gönülden teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	ii
BEYAN.....	iii
İTHAF.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	xix
ÖZET	xx
ABSTRACT.....	xxi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Gıda Endüstrisinde Non-Termal Yöntemler	4
2.1.1. Vurgulu Elektriksel Alan	4
2.1.2. İyonize Radyasyon.....	5
2.1.3. Yüksek Hidrostatik Basınç	5
2.1.4. Plazma Sterilizasyon.....	6
2.1.5. Atımlı Işık	6
2.1.6. Mikrofiltrasyon	7
2.1.7. Ultraviyole Işık	8
2.1.8. Manyetik Alan Isıtma ve Ilımlı Manyetik Alan.....	8
2.1.9. Yüksek Gerilimli Elektrik Deşarjı ve Kayma Ark Boşaltım Deşarjı.....	9
2.1.10. Ses Dalgaları	10
2.1.10.1.1. Ses dalgasının özellikleri.....	12
2.1.10.1.1. Ultrasound sistem mekanizması.....	13

2.1.10.1.2.	Kavitasyonu etkileyen önemli faktörler	16
2.1.10.1.3.	Ultrasound teknolojisinin gıdalarda meydana getirdiği etkiler	18
2.1.10.1.3.1.	Mikrobiyal inhibisyon.....	20
2.1.10.1.3.2.	Enzim inaktivasyonu.....	22
2.1.10.1.3.3.	Ekstraksiyon.....	23
2.1.10.1.3.4.	Emülsifikasyon	25
2.1.10.1.3.5.	Çözülme / donma / kristalizasyon.....	26
2.1.10.1.3.6.	Filtrasyon	26
2.1.10.1.3.7.	Kurutma	27
2.1.10.1.3.8.	Köpük giderici	28
2.1.10.1.3.9.	Gaz giderme / hava giderici	29
2.1.10.1.3.10.	Piştirme	29
2.1.10.1.3.11.	Kalıptan çıkarma	30
2.1.10.1.3.12.	Et yumuşatma (tenderizasyon).....	30
2.1.10.1.3.13.	Kesme.....	31
2.1.10.1.3.14.	Salamura, turşulama ve marinasyon	33
2.2.	Natamisin	33
2.3.	Literatür.....	35
3.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	58
3.1.	Materyal	58
3.2.	Mikrobiyolojik Analizler	58
3.2.1.	Besiyerlerinin Hazırlanması	58
3.2.2.	Küf Suşuna (<i>Botrytis cinerea</i>) Ait Sporların Canlandırılması.....	58
3.2.3.	Küf sporlarının çoğaltılması ve gelişimlerinin izlenmesi	59
3.2.4.	Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Örneklerinin Farklı Konsantrasyondaki Natamisine Karşı Etkisinin ve Zamanla Koloni Değişiminin Gözlemlenmesi	59

3.2.5.	<i>Botrytis cinerea</i> 'nın Farklı Konsantrasyondaki Natamisin Antifungalına Karşı Etkisinin Disk D�f�zyon Yöntemi İle Belirlenmesi	60
3.2.6.	Ultrasonikatör Cihazının <i>Botrytis cinerea</i> �zerine Farklı Amplitutelerde ve Zamanla Etkilerinin Belirlenmesi	60
3.2.7.	Ultrasound ve Natamisin ile Muamelesinin Zamanla K�f İnoküle Edilmiş �z�m Suyu �zerine Etkisi	61
3.2.8.	Ultrasound, Natamisin ve Sıcaklık ile Muamelesinin Zamanla K�f İnoküle Edilmiş �z�m Suyu �zerine Etkisi	61
3.2.9.	�z�m Suyuna Uygulanan Natamisin ve Ultrasound Uygulamalarının Zamanla Mikrobiyolojik Değişimlerinin Gözlemlenmesi	61
3.2.9.1.	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı.....	62
3.2.9.2.	<i>Enterobacteriaceae spp.</i> Sayımı.....	62
3.2.9.3.	Koliform Grubu Bakterilerin Sayımı.....	62
3.2.9.4.	Toplam Maya ve küf sayımı.....	62
3.3.	Fizikokimyasal Analizler	63
3.3.1.	Örneklerin Hazırlanması.....	63
3.3.2.	�z�m Suyunda pH Değerlerinin Tayini	63
3.3.3.	�z�nen Kuru Madde (Briks) Tayini	63
3.3.4.	Titrasyon Asitliği Tayini.....	63
3.3.5.	Renk Tayini.....	64
3.3.6.	Toplam şeker Tayini	64
3.3.7.	Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini	67
3.3.8.	Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini.....	68
3.3.9.	Toplam fenolik madde tayini	69
3.3.10.	Toplam flavonoid madde tayini	71
3.3.11.	Toplam antioksidan kapasite tayini (TEAC)	72
3.3.12.	Hidroksimetil furfural (HMF) miktarı tayini	74
3.4.	Duyusal Analizler.....	75

3.5.	Küf Suşuna (<i>Botrytis cinerea</i>) Ultrasound Uygulanması Sonucunda Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM, Scanning Elektron Microscopy) Görüntü Analizi.....	75
3.6.	İstatistiksel Analizler.....	76
4.	BULGULAR	77
4.1.	Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Örneklerinin Natamisin Karşı Etkisinin ve Zamanla Değişimi.....	77
4.2.	<i>Botrytis cinerea</i> 'nın Farklı Konsantrasyondaki Natamisin Antifungalına Karşı Etkisinin Disk Difüzyon Yöntemi İle Belirlenmesi.....	81
4.3.	Ultrasonikatör Cihazının <i>Botrytis cinerea</i> Üzerine Farklı Amplitutelerde ve Zamanlarda Etkileri	82
4.4.	Ultrasound ve Natamisin ile Muamelesinin Zamanla Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etkileri.....	85
4.5.	Ultrasound, Natamisin ve Sıcaklık ile Muamelesinin Zamanla Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etki Sonuçları	87
4.6.	Üzüm Suyuna Uygulanan Natamisin ve Ultrasound Uygulamalarının Zamanla Mikrobiyolojik Değişim Sonuçları	94
4.7.	Üzüm Suyuna Uygulanan İşlemlerin pH Değerlerine Etkileri	95
4.8.	Çözünen Kuru Madde (Briks).....	98
4.9.	Titrasyon Asitliği	100
4.10.	Renk Analizi Sonuçları.....	102
4.11.	Toplam Şeker Miktarı Değişimleri.....	118
4.12.	Toplam Monomerik Antosiyanin Değişimi.....	120
4.13.	Antosiyaninlerin Parçalanma Ölçütlerinin Tayini.....	122
4.14.	Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi.....	130
4.15.	Toplam Flavonoid Madde Miktarı Değişimi.....	133
4.16.	Toplam Antioksidan Kapasite Tayini (TEAC).....	135
4.17.	Hidroksimetil Furfural (HMF) Miktarı Değişimi.....	138
4.18.	Duyusal Analiz Değerlendirilmesi	140
4.19.	Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM, Scanning Elektron Microscopy) Görüntü Analizi	143

5. TARTIŞMA.....	149
5.1. Mikrobiyoloji Analiz Sonuçlarının Tartışılması	149
5.2. pH, Briks ve Titrasyon Asitliği Sonuçlarının Tartışılması.....	153
5.3. Renk Sonuçlarının Tartışılması.....	155
5.4. Toplam Şeker Miktarı Sonuçlarının Tartışılması.....	157
5.5. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı ve Antosiyaninlerin Parçalanma Ölçütleri Sonuçlarının Tartışılması.....	158
5.6. Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavonoid Madde Sonuçlarının Tartışılması 160	
5.7. Toplam Antioksidan Madde Sonuçlarının Tartışılması	161
5.8. Hidroksimetil Furfural Sonuçlarının Tartışılması	162
5.9. Duyusal Analiz ve SEM Sonuçlarının Tartışılması	163
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	165
KAYNAKLAR	168
FORMLAR	192
ÖZGEÇMİŞ	193

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Düşük enerjili ve yüksek enerjili ultrasound uygulama örnekleri.....	13
Tablo 2. Yüksek güçlü ultrasound işleminin gıda proseslerinde kullanımı.....	19
Tablo 3. Farklı konsantrasyonlarda kullanılan natamisin miktarı ve harflendirilmesi ...	77
Tablo 4. Üzüm suyuna inoküle edilmiş <i>Botrytis cinerea</i> için kullanılan tüplerde koloni sayılarının log (kob/ml) zamanla değişimine ait varyans analizi sonuçları.....	78
Tablo 5. Üzüm suyuna inoküle edilmiş <i>Botrytis cinerea</i> için kullanılan tüplerde koloni sayılarındaki logaritmik değişim (kob/ml)	79
Tablo 6. Disk difüzyonunda kullanılan farklı konsantrasyonlarda natamisin miktarları ve kodları	81
Tablo 7. Farklı konsantrasyonlardaki natamisinin <i>Botrytis cinerea</i> üzerindeki inhibisyon zonu(mm) miktarları	81
Tablo 8. Farklı amplitutelerdeki ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları	83
Tablo 9. Farklı zamanlarda ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları....	83
Tablo 10. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine farklı zamanlarda ve farklı amplitude ultrasound uygulamalarına ait değişim (log (kob/ml)	84
Tablo 11. Natamisin ve ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları	85
Tablo 12. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının zamanla değişimine ait varyans analizi sonuçları	86
Tablo 13. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının zamanla değişim sonuçları (log (kob/ml)	86
Tablo 14. 40 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları	88
Tablo 15. 40 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	88
Tablo 16. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine farklı zamanlarda, 40 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log kob/ml)	89
Tablo 17. 50 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları	90
Tablo 18. 50 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	91

Tablo 19. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine farklı zamanlarda, 50 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log kob/ml)	91
Tablo 20. 60 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları	92
Tablo 21. 60 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	93
Tablo 22. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine farklı zamanlarda, 60 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log (kob/ml)).....	93
Tablo 23. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının bir aylık depolama süresi boyunca mikrobiyolojik değişimi (log kob/ml).....	95
Tablo 24. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	96
Tablo 25. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	96
Tablo 26. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla pH değerlerine ait değişim sonuçları.....	97
Tablo 27. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	98
Tablo 28. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	98
Tablo 29. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla Briks değerlerine ait değişim sonuçları.....	99
Tablo 30. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	100
Tablo 31. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	101
Tablo 32. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla titrasyon asitliği (gr tartarik asit/100 ml) değerlerine ait değişim sonuçları	101
Tablo 33. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	102
Tablo 34. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	103
Tablo 35. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda L değerlerine ait değişim sonuçları.....	103

Tablo 36. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının a değeri varyans analizi sonuçları.....	105
Tablo 37. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre a değerleri varyans analizi sonuçları	105
Tablo 38. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda a değerlerine ait değişim sonuçları.....	106
Tablo 39. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının b değeri varyans analizi sonuçları.....	107
Tablo 40. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre b değerleri varyans analizi sonuçları	107
Tablo 41. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda b değerlerine ait değişim sonuçları.....	108
Tablo 42. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının ΔE değeri varyans analizi sonuçları.....	109
Tablo 43. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre ΔE değerleri varyans analizi sonuçları	109
Tablo 44. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda ΔE değerlerine ait değişim sonuçları.....	110
Tablo 45. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının C değeri varyans analizi sonuçları.....	111
Tablo 46. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre C değerleri varyans analizi sonuçları	111
Tablo 47. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda C değerlerine ait değişim sonuçları.....	112
Tablo 48. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının h değeri varyans analizi sonuçları.....	113
Tablo 49. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre h değerleri varyans analizi sonuçları	114
Tablo 50. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda h değerlerine ait değişim sonuçları.....	114
Tablo 51. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının CI değeri varyans analizi sonuçları.....	116
Tablo 52. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre CI değerleri varyans analizi sonuçları	116

Tablo 53. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda CI değerlerine ait değişim sonuçları.....	117
Tablo 54. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	118
Tablo 55. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	118
Tablo 56. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda toplam şeker miktarı değerlerine ait değişim sonuçları	119
Tablo 57. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları.....	120
Tablo 58. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları	121
Tablo 59. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	121
Tablo 60. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının renk yoğunluğu varyans analizi sonuçları.....	123
Tablo 61. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre renk yoğunluğu varyans analizi sonuçları	123
Tablo 62. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun renk yoğunluğunun zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	124
Tablo 63. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının polimerik renk varyans analizi sonuçları	125
Tablo 64. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre polimerik renk varyans analizi sonuçları	126
Tablo 65. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk değerlerinin zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi.....	126
Tablo 66. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının polimerik renk oranı varyans analizi sonuçları	128
Tablo 67. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre polimerik renk oranı varyans analizi sonuçları	128
Tablo 68. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk oranı değerlerinin zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	129
Tablo 69. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam fenolik madde miktarı varyans analizi sonuçları	131

Tablo 70. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam fenolik madde miktarı varyans analizi sonuçları	131
Tablo 71. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam fenolik madde miktarının (mg GAE/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	132
Tablo 72. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları	133
Tablo 73. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları	134
Tablo 74. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam flavonoid madde miktarı (mg CE/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	134
Tablo 75. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam antioksidan madde miktarı varyans analizi sonuçları	136
Tablo 76. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam antioksidan madde miktarı varyans analizi sonuçları	136
Tablo 77. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi.....	137
Tablo 78. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları	138
Tablo 79. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre HMF (mg/l) değerlerinin varyans analizi sonuçları	139
Tablo 80. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun HMF (mg/l) miktarlarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi.....	139
Tablo 81. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının duyusal analiz varyans analizi sonuçları.....	141
Tablo 82. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun duyusal analiz (puanlama testi) sonuçlarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi	142

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ultrasound frekans aralığı	12
Şekil 2. Çeşitli ultrasonik sistemler: a) ultrasonik banyo b) sıvı gıda işleme için kullanılan batch tipi prob sistemi ve c) sürekli prob sistemi	14
Şekil 3. Kavitasyon kabarcıklarının gelişimi ve sönüşü	16
Şekil 4. Kavitasyon sırasında bir bakteri hücresi şematik görünümü	20
Şekil 5. <i>L. innocua</i> gözenek oluşumu, hücre zarı bozulması gibi hücrelerde kavitasyon öldürücü etkilerini gösteren ve hücre kırılması Yüksek vakum tarama elektron mikroskobu (SEM) kontrol resimleri (sol üst) Büyütme: (a) 150.000×, (b) 50,000×, (c) 50,000× ve (d) 50,000×	21
Şekil 6. Yüksek yoğunluğun proteinlerin kimyasal bütünlüğü üzerindeki etkisi	22
Şekil 7. Sonikasyonun ananas dokusuna etkisi (A) Uygulamasız örnek örnek; B) Ultrasoun etkili örnek	24
Şekil 8. Ultrasound destekli ekstraksiyon işlemi genel etkileri	24
Şekil 9. Havayla taşınan ultrasound kurutma sistemi şeması	28
Şekil 10. Natamisin antifungalı kimyasal yapısı	34
Şekil 11. Toplam fenolik madde GAE (mg/l) kalibrasyon grafiği	71
Şekil 12. Toplam flavonoid madde CE (mg/l) kalibrasyon grafiği	72
Şekil 13. ABTS*+ radikalinin Troloks standardına ait % inhibisyon eğrisi	74
Şekil 14. HMF kalibrasyon eğrisi grafiği	75
Şekil 15. Üzüm suyuna inoküle edilmiş <i>Botrytis cinerea</i> için kullanılan tüplerde koloni sayılarındaki logaritmik değişim (kob/ml)	80
Şekil 16. <i>Botrytis cinerea</i> için kullanılan farklı konsantrasyonlardaki natamisinin inhibisyon etkisi (mm)	82
Şekil 17. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine natamisin ve ultrasound uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)	87
Şekil 18. <i>Botrytis cinerea</i> üzerine, 50 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)	92
Şekil 19. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda pH değerlerine ait değişim grafiği	97

Şekil 20. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda Briks değerlerine ait değişim grafiği.....	100
Şekil 21. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda titrasyon asitliği (gr tartarik asit/100 ml) değerlerine ait değişim grafiği	102
Şekil 22. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda L değerlerine ait değişim grafiği.....	104
Şekil 23. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda a değerlerine ait değişim grafiği.....	106
Şekil 24. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda ΔE değerlerine ait değişim grafiği.....	110
Şekil 25. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda C değerlerine ait değişim grafiği.....	113
Şekil 26. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda h değerlerine ait değişim grafiği.....	115
Şekil 271. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda CI değerlerine ait değişim grafiği.....	117
Şekil 282. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla toplam şeker miktarı değerlerine ait değişim grafiği	120
Şekil 29. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının (mg mal-3-gly/L) depolama süresi değişimine etkisi.....	122
Şekil 30. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun renk yoğunluğu depolama süresi değişimine etkisi	124
Şekil 31. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk değerinin depolama süresi değişimine etkisi	127
Şekil 32. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk oranı değerlerinin depolama süresi değişimine etkisi	130
Şekil 33. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam fenolik madde (mg GAE/l) depolama süresi değişimine etkisi.....	133
Şekil 34. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam flavonoid madde (mg CE/l) depolama süresi değişimine etkisi.....	135
Şekil 35. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun HMF (mg/l) miktarlarının depolama süresi değişimine etkisi	140
Şekil 36. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 1 dakika 60 amplitude uygulanması sonucu SEM görüntüsü	143

Şekil 37. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 2 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü	144
Şekil 38. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 3 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü	145
Şekil 39. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 5 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü	146
Şekil 40. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 10 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü	147
Şekil 41. <i>Botrytis cinerea</i> suşuna 15 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü	148



SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

cm	: Santimetre
dk.	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
kHz	: Kilohertz
L	: Litre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Minimetre
MHz	: Megahertz
HMF	: Hidroksimetil furufural
FDA	: Gıda ve ilaç idaresi
nm	: Nanometre
s	: Saniye
W	: Watt
MS	: Manosonikasyon
MTS	: Manotermosonikasyon
TS	: Termosonikasyon
US	: Ultrasound
UV	: Ultraviyole
PDA	: Potato Dextrose Agar
PCA	: Plate Count Agar
VRBG	: Violet Red Bile Dextrose
λ	: Dalga boyu

ÖZET

YIKMIŞ S. (2018). Üzüm Suyunda Patojen *Botrytis cinerea*'nın Ultrasonikasyon ve Natamisin Kombinasyonu İle Yok Edilmesi ve Bazı Kalite Parametrelerindeki Değişim Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. İstanbul.

Bu çalışmada kırmızı üzüm suyu üretiminde kullanılan termal yöntemlere alternatif olarak non-termal ultrasound (utrasonikasyon) ve natamisin uygulamasının uygulanabilirliği ve bazı kalite parametrelerine etkileri araştırılmıştır. *Botrytis cinerea* inaktivasyonu için farklı kombinasyonlarının etkisi araştırılmıştır. En iyi sonuç, depolama sonunda, 12,5 ppm natamisin, 5 dakika, 80 W, 26 kHz ve 60 amplitud ultrasound ve 60 °C kombinasyonunda kontrol örneğine göre 2,4 log (kob/ml) azalma ile gerçekleşmiştir. Depolama süresi boyunca pH, titrasyon asitliği ve briks değerlerinde önemli değişiklikler olmamıştır. Toplam renk değeri değişimlerinde (ΔE) depolama süresi boyunca örneklerde önemli değişiklikler olmamıştır. Toplam şeker miktarı kontrol örneğine göre, 30. günün sonunda en fazla natamisin+ultrasound (150,88 gr/l) uygulamasında % 4,6 oranında artış ile tespit edilmiş ve depolama süresinden etkilenmemiştir. Toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde ve flavonoid miktarlarında depolama süresinde azalmalar tespit edilmiştir. Toplam antioksidan madde (TEAC) miktarında natamisin uygulamasında zamanla istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). HMF miktarında depolama süresinde artışlar meydana gelmiştir. Duyusal özelliklerin natamisin ve ultrasound uygulamalarından etkilenmediği tespit edilmiştir. *Botrytis cinerea* karşı natamisin ve ultrasoun uygulamalarının başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Bazı kalite parametrelerinde ise genel olarak ultrasound ve natamisin uygulamaları beklentileri karşıladığı kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasound, üzüm suyu, *Botrytis cinerea*, fenolik bileşik, antioksidan

ABSTRACT

YIKMIŞ S. (2018). Inactivation of *Botrytis cinerea* and Investigations on Changes in Some Quality Parameters with Ultrasonication and Natamycin Combination in Grape Juice. Istanbul University, Institute of Health Science, Department of Hygiene and Technology. Doctorate Thesis. İstanbul.

In this study, the feasibility of applying non-thermal ultrasound and natamycin as an alternative to the thermal methods used in red grape juice processing and the effects on some quality parameters were investigated. Different combinations for the inactivation of *Botrytis cinerea* have been investigated in vivo. The best results were achieved at the end of storage with a reduction of 2.4 log (cfu/ml) compared to the control sample in combination with 12,5 ppm natamycin, 5 minutes, 80 W, 26 kHz and 60 amplitude ultrasound and 60 °C. There were no significant changes in pH, titration, acidity and brix values throughout the storage period. During the total color value changes (ΔE) there were no significant changes in the samples throughout the storage period. The total sugar amount was determined by the increase of 4.6% at the end of the 30th day at the highest natamycin + ultrasound (150,88 gr / l) application and was not affected by the storage period. Total monomeric anthocyanins, total phenolic substances and flavonoids were found to decrease during storage. No statistically significant differences were observed in the amount of total antioxidant substance (TEAC) over time in natamycin application ($p>0.05$). Increases in the amount of HMF storage have come to the fore. Sensory properties were not affected by natamycin and ultrasound applications. *Botrytis cineera* pathogen has been successfully treated with natamycin and ultrasound. In some quality parameters, ultrasound and natamycin applications are generally expected to meet expectations.

Key Words: Ultrasound, grape juice, *Botrytis cinerea*, phenolic compound, antioxidant.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Gıdalarda gerçekleşen bazı mikrobiyal faaliyetler, gıda bozulmalarına ve gıda zehirlenmelerine neden olabilmektedir. Bu mikrobiyal faaliyetler gıdaların pH, su aktivitesi, sıcaklık, gıdanın kimyasal ve fiziksel özellikleri gibi özelliklere göre değişiklik göstermektedir. Mikrobiyal faaliyetlerin içerisinde küfler de yer almaktadır. Küfler çok hücreli, misel yapısında, çeşitli büyüklüklerde ve renklerde olan mikroorganizmalardır. Geniş pH aralıklarında ve büyük sıcaklık varyanslarında yaşayabilmektedirler. Ayrıca küfler çok düşük su aktivitesinde bile gelişebilirler. Küflerin gelişimi sonucu ürünlerde renk kayıpları, enzimatik ve oksidatif reaksiyonların ortaya çıkması gibi kalite kayıplarına neden olan bir takım olayların olmasının yanı sıra insanların sağlıklarını olumsuz etkileyecek mikotoksin olarak adlandırılan bileşiklerin ortaya çıkması ve bunların sonucunda da ekonomik kayıpların yaşanması söz konusu olmaktadır. Mikotoksinler küfler tarafından üretilen ve ikincil metabolitler olarak adlandırılan insanlar ve hayvanlar için toksik karakterli olan kimyasal bileşiklerdir (Jalili ve ark., 2010).

Mikotoksinler; *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* ve *Fusarium* gibi küflerin belirli nem ve ısı koşullarında oluşturdukları toksik metabolitlerdir. Çeşitli gıda maddelerinde oluşan bu toksinler bulundukları gıdalar ile insana ulaşırlar. Günlük yaşantıda sık temasın olabildiği bu metabolitler günümüzde halen hem halk sağlığını tehdit etmekte, hem de ihraç edilen ürünlerin gümrük kapılarından geri döndürülmesi ile ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Söz konusu bu küfler, uygun koşullarda işlenmemiş gıdalarda çoğalarak ürünlerin nitelik ve niceliğini değiştirip bozulmalarına neden olurlar ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluştururlar (Şahin ve ark., 2011).

Botrytis cinerea (teleomorf: *Botryotinia fuckeliana*) dünya çapında 200 den fazla bitkide hastalık oluşturan, nekrotropik bir yaşam tarzına sahip, hava yoluyla bulaşan bir bitki patojendir (Olmedo ve ark., 2017; Williamson ve ark., 2007). Kontrolü için fungusidler olmasına rağmen, birçok fungusit sınıfı *B.cinerea* üzerinde etkisizdir. Nekrotrofik mantarların moleküler çalışması için önemli bir model haline gelmiştir. Bitki parçalarının yumuşak bir şekilde çürümesine ve hasat sonrası sebze, meyve ve çiçeklerin çürümesine neden olabilmektedir. Hastalık oluşumu için tipik olan gri konidiofor ve (makro) konidyanın oluşumu ile başlamaktadır. *B. cinerea*, oksalik asit gibi hücre

duvarını parçalayan enzimler, toksinler ve diğer düşük molekül ağırlıklı bileşikler üretmektedir (Williamson ve ark., 2007).

Natamisin, ilk olarak 1955 yılında *Streptomyces natalensis* (Güney Afrika, Natal'dan alınan toprak örneklerinde bulunan bir küf) kültüründen izole edilmiştir (Jagus ve ark., 2016). Pimarisin adı ile de bilinen natamisin, gıda sektöründe Delvocid, Delvopos, Delvocoat ve Natamax ticari adlarıyla satılmaktadır (Borcaklı, 1999). Polien makrolid antibiyotik özelliği olan antifungal natamisin, maya ve küflerin oluşumunu engeller (Aparicio ve ark., 2004). Natamisin, membran geçirgenliğinin seçiciliğini bozarak membran sterollerini bağlama görevi yapan bir polien'dir. İhtiyaç duyulan natamisin konsantrasyonu diğer koruyuculardan daha azdır (Elayedath ve Barringer, 2002).

Ultrasonikasyon terimi, “saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgaları ile enerji meydana getirilmesi” olarak tanımlanmaktadır (Santos ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016). Ultrasonikasyon için geliştirilen cihazlar genellikle 20 kHz' den 10 MHz' e kadar değişen frekanslarda kullanılabilir. Ultrasonikasyonun ısı işleme kıyasla en önemli avantajı, bozulma yapan ve patojen mikroorganizmalar ile istenmeyen enzimlerin inaktivasyonunu sağlarken proses sıcaklığının düşük olması dolayısıyla ürünün tadı, kokusu, tekstürü ve besin öğelerinin daha iyi korunması ve taze halindeki özelliklerine çok yakın nitelikte ürün elde edilmesidir (Chandrapala ve ark., 2012; Leighton, 2007; McClements, 1995; Tiwari ve Mason, 2012).

Ultrasonikasyonun mikroorganizmalar üzerine etkisi üç şekilde ifade edilmektedir. Gıda prosesleri amacıyla kullanılan düşük frekanslı ultrasound uygulamalarında kavitasyon oluşabilmektedir. Kavitasyon baloncuklarında, patlama anında yapılarında çok yüksek derecede ısı ve basınç oluşturmakta, oluşan bu ikili etki ise mikroorganizmalar üzerinde inaktivasyon gerçekleşmesini sağlamaktadır (Anonim, 2016; Ulusoy ve Karakaya, 2011). Bakteri üzerine ultrasonikasyonun öldürücü etkisi ise, stoplazmatik membranın tahrip edilmesine dayanır. Mikrobiyal inaktivasyon açısından bir diğer mekanizma ise serbest radikal oluşumu ile açıklanmaktadır. Ultrasound uygulaması sırasında OH⁻ radikalleri ve hidrojen peroksit oluşmakta ve meydana gelen bu bileşenlerin önemli bakterisidal etkileri bulunmaktadır (Açı ve ark., 2014).

Ultrasonikasyon uygulamaları ile ilgili çalışmalara bakıldığında patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu, gıda ürünlerinde kalite parametrelerindeki değişim

ve ürünlerde sorun teşkil eden enzimlerin inaktivasyonunda başarılı sonuçlar alınmıştır (Durak ve ark., 2016; Garoma ve Janda, 2016; Mohideen ve ark., 2015; Sagong ve ark., 2011; Saleem ve Ahmad, 2016; Valero ve ark., 2007).

Yapılan bir çalışmada natamisin ilave edilmiş ve edilmemiş çiğ sütlerden farklı asitliklere sahip yoğurtlar üretilmiş ve bu yoğurtlar da süzme yoğurtlarına islenmiştir. Ürünlere 10 ppm natamisin ilavesinin süzme yoğurtlarındaki maya-küf sayısını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Şahan ve ark., 2004).

Galotyri peyniri üzerinde yapılan nisin, natamisin uygulamasının raf ömrü gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi çalışmasında natamisin ve nisin antimikrobiyallerinin birlikte kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kallinteri ve ark., 2013).

Gıda endüstrisinde birçok gıdanın muhafaza edilebilmesine imkân tanıyan ve çok yaygın bir kullanım alanına sahip olan ısıtma işlem teknolojisi mikroorganizma inaktivasyonu üzerine oldukça etkin bir yöntemdir. Isıtma işlem uygulamalarının ürün üzerindeki olumsuz etkileri yeni teknolojilere ilgiyi artırmıştır. Son yıllarda tüketicinin tercihleri doğrultusunda en az düzeyde işlem görmüş, doğal ve beslenme fizyolojisi bakımından yüksek kalitede gıdalara olan talebin artması ile taze ya da tazeye yakın özelliklerini kaybetmemiş gıda ürünlerine ilgi artmıştır. *Botrytis cinerea*, gerek üretimin son aşamalarındaki zararıyla, gerekse patojenin depolama esnasında gelişebilmesi, çürümeye yol açması ve ürüne işleme zorlukları gibi nedenlerle ciddi ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Bu nedenle ultrasonikasyon uygulaması ve antifungal uygulaması ile patojen mikroorganizma inaktivasyonunu sağlayarak, özellikle meyve suyu gibi sıvı gıdaların pastörizasyonu için iyi bir potansiyel teşkil etmektedir.

Bu çalışma, non-termal ultrasound işleminin ve natamisinin üzüm suyunun üzerinde bazı kalite parametreleri ve *Botrytis cinerea*'nın küf inaktivasyon üzerine etkisinin incelenmesi ve hurdle teknolojisi kullanımının etkinliğinin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gıda Endüstrisinde Non-Termal Yöntemler

Son yıllarda doğal yapısına yakın yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı non-thermal gıda muhafaza teknolojilerine olan ilgi sürekli olarak artmaktadır. Non-thermal teknolojiler, gıda maddesinin lezzet, renk, besin değeri ve tekstür üzerine yüksek sıcaklığın yarattığı negatif etkilere yol açmadan, normal oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda mikroorganizmaları inaktive etme yeteneğine sahiptirler. Bu nedenle, iyonize radyasyon, yüksek hidrostatik basınç (YHB), atımlı ışık, vurgulu elektrik alanı (PEF), ses dalgaları ve UV ışınlama gibi ısı işlem içermeyen gıda muhafaza tekniklerinin kullanımı konusunda yoğun araştırmalar yapılmaktadır (Martín-Belloso ve ark., 2014; Ojha ve ark., 2016; Ross ve ark., 2003).

2.1.1. Vurgulu Elektriksel Alan

Vurgulu elektriksel alan (PEF) çok kısa süreli, yüksek voltaj elektrik alan uygulanması ile gıda maddelerinin korunması için kullanılan ısı olmayan bir işlemdir. Çok düşük sıcaklıklarda uygulanarak gıdaların tat, lezzet, besin bileşenleri gibi özelliklerinde ya çok az ya da hiçbir değişikliğe sebep olmadan mikroorganizmaların inaktif hale gelmesini sağlayarak raf ömrünü uzatabilmektedir. PEF işleminde 12-35 kV cm⁻¹ aralığındaki elektrik alan sıvı gıdalara kısa süreli atımlarla (1- 100 µs) müdahale edilmekte, enzim ve mikroorganizmalar üzerinde inaktivasyon mekanizması sağlamaktadır (Kaletunç, 2009; Vega-Mercado ve ark., 1997). Bu sistem gıda endüstrisinde genellikle süt, meyve suyu, çorbalar ve sıvı yumurta gibi gıdaların pastörizasyonu işleminde kullanılmaktadır (Toepfl ve ark., 2014). PEF teknolojisi uygulamalarında kullanılan atım modellerinin başında, dikdörtgen biçimli atım modeli, logaritmik azalan atım modeli, ani geri dönüşümlü atım modeli ve titreşimli atım modelinden oluşmaktadır (Barbosa-Cánovas ve ark., 1999).

PEF teknolojisinin inaktivasyon mekanizması incelendiğinde ise dielektrik parçalanma teorisine açıklamalar yapılmaktadır. Hücre zarının, elektrostatik sıkıştırma kuvveti ile elastik ters kuvveti arasındaki sistemin bozulması sonucunda meydana gelmektedir. Böylece, hücre zarı duvarının kalınlığı azalmakta ve hücre zarı bu basınç altında baskılanmaz yapısı ile hücre zarı alanı ile yağ tabakaları arasındaki oran artışı gerçekleşmektedir. Bu yüzden öylece hücre zarı yağlarının faz dengesi bozulmaktadır. 1-

10 kV/cm kuvvetin 10-15 μ s bir hücreye uygulaması sonucunda geri dönüşümsüz olarak hücre zarı parçalanmaktadır. Elektroporasyon yoluyla geniş çaplı porların oluşumu elektrik akım şiddetinin ve uygulama zamanının artması ve de ortamın iyonik direncinin azalmasıyla olmaktadır. Araştırmacıların yaptığı PEF uygulamalarında bakteriler, mayalar ve küfler ve bozulma etkisi yaratan enzimler üzerinde başarılı sonuçlar alındığı ve sıvı gıdalara uygulanmasının doğru olacağı kanısına varmışlardır (Lelieveld ve ark., 2007; Singh ve ark., 2016).

2.1.2. İyonize Radyasyon

Atomlarının sürekli olarak parçalanması suretiyle radyoaktif maddeler çevreye bazı ışınlar yayarlar. Materyale çarpan iyonize radyasyon (iyonize ışın) elektrik yüklü iyonlar oluşturmaktadırlar. Gıdaların güvenliğinde, X-ışınları, gama ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılmaktadır. 5 MeV (milyon elektron volt) güce sahip X-ışınları daha düşük enerjide çalışan kaynaklardan üretilmektedir (Berk, 2018; Harder ve ark., 2016). Taze çilekte norovirusa ve Tulane virüslerine karşı yapılan çalışmada başarılı sonuçlar alınmıştır (Hossain ve ark., 2014). Yapılan çalışmalar sonucunda mikrobiyal inaktivasyonda başarılı sonuçlar alınmasına rağmen gıdaların ışınlama ile sterilizasyonu yerine ışınlamanın diğer gıda muhafaza yöntemleri ile hurdle teknolojisi uygulanmaları daha iyi sonuç verebileceği önerilmektedir (Boumail ve ark., 2016). Fazla yağ içeren gıdalarda aşırı yüksek doz ışınlama özellikle ürünlerde aroma kaybına sebep olmaktadır. Süt ve süt ürünlerinin duyuşal özelliklerinde meydana getirdiği olumsuzluklardan dolayı kullanımı önerilmemektedir (Atasever ve Atasever, 2007).

2.1.3. Yüksek Hidrostatik Basınç

Yüksek Hidrostatik Basınç(YHB) uygulaması, ambalajlı veya ambalajsız olarak katı ve sıvı gıdaların 100 - 1000 MPa aralığında basınca maruz bırakılması işlemidir (Hygreeva ve Pandey, 2016). Yüksek Hidrostatik Basınç işleminin temel prensibi gıdayı çevreleyen sıvıya uygulanan basınç kuvvetiyle sıvının sıkıştırılması ilkesine dayanmaktadır (Baptista ve ark., 2016). Günümüzde, gıda sanayinde bu teknik geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Önemli bazı kullanım alanları; Mikroorganizma inaktivasyonu, protein denatürasyonu, enzim inaktivasyonu veya aktivasyonu, jel formasyonu, renk, tat-koku gibi duyuşal kalite öğelerinin korunması, ekstraksiyonda verim artırılması gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Muntean ve ark., 2016; Patterson, 2014; Saroya, 2017; Tao ve ark., 2014).

Mikroorganizma üzerindeki etki mekanizması; basınç altında gaz kofullarının sıkışması, hücrede meydana gelen değişimler, hücre içi maddelerin hücre dışına sızması ve hücre içi organellerin değişimi sonucunda meydana gelmektedir. Aynı zamanda kaliteyi ve gıdaların bozulmasına neden olan önemli enzimlerin inaktivasyonunun sağlanmasında da önemli etkileri bulunmaktadır (Patterson, 2014; Tao ve ark., 2014).

Yüksek hidrostatik basınç uygulaması, oda sıcaklığında, 100-900 MPa basınç aralığında, mikrobiyal gelişimin engellenmesi ve raf ömrünün artırılması için sebze ürünlerinde, meyve suyu ve meşrubat sanayisinde, et ürünlerinde, kabuklularda kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2016; Tao ve ark., 2014).

2.1.4. Plazma Sterilizasyon

Plazma teknolojisi, 1928 yılında, ilk kez, Irving Langmuir tarafından bulunmuştur. Maddenin katı, sıvı ve gaz hallerinden oldukça farklı özelliklere sahiptir. Plazma, maddenin dördüncü hali olarak kabul edilmektedir. Plazma, bazı fizikçiler tarafından maddenin dördüncü hali olarak kabul edilmekte ve iyon ve serbest elektronlardan oluşan bir gaz olarak da tanımlanmaktadır (Fernández ve ark., 2012; Kim ve ark., 2016). Sterilizasyon amaçlı kullanılan plazmada atom, molekül ve radikaller gibi yüksüz parçacıklar da bulunmaktadır. Bir gaz ya da gazların sabit (doğru akım) veya iki elektrot arasında bırakılması ile oluşturulur. Plazma üretimi sırasında açığa çıkan elektron ve iyonlar ile mikroorganizma üzerinde hücre duvarları etkileyerek inaktivasyon gerçekleşmekte ve sterilizasyona yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda sebze, meyve ve et ürünleri gibi birçok gıdada mikrobiyolojik açıdan olumlu sonuçlar vermiştir. Gıda ambalajlanma sistemlerinde kullanılmaktadır. Plazmaların sınıflandırılması sıcak plazma ve soğuk plazma olarak tanımlanmaktadır. Soğuk plazma iyon sıcaklığı oda sıcaklığına yakındır ve gıdalarda kullanılmaya daha elverişlidir (Niemira, 2012; Pankaj ve ark., 2014; Pasquali ve ark., 2016; Yangılar ve Oğuzhan, 2013).

2.1.5. Atımlı Işık

Atımlı ışık, UV bölgelerindeki geniş spektrumlu infrared bölgeye yakın olan dalga boyları (200 nm-1 mm) kullanılmaktadır. Yüzeyde sterilizasyon işleminde yüzeye yaklaşık olarak 0,01-50 J/cm² enerji yoğunluğuna sahip en az 1 atımlı ışığa uygulaması yapılmaktadır. Gıda dekontaminasyonu için kullanılan darbeli ışık sistemleri geniş bant spektrumunu ultraviyole'den kızılötesine, saniyede birkaç vuruşla uygulanan ışık, her darbe 100 ns'den 2 ms'ye kadar sürebilir. Atımlı ışık, uygulanan ürünün içeriğine ve

yüzeyine zarar vermeden, dezenfektan kullanımı ve kimyasal koruyucuyu azaltılabilen, antimikrobiyal etki gösteren, gıdalarda FDA (Food and Drug Administration)'nın da kullanımını uygun bulduğu bir sterilizasyon yöntemidir. Bazı çalışmalarda, atımların süresi 1 μ s-0,1 s aralığında değişip saniyede 1-20 flaş uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda, mikrobiyal inaktivasyon, mikroorganizmaların protein, hücre membranında kimyasal değişimler, DNA zincirinin parçalanması gibi çeşitli mekanizmalar ile oluşmaktadır. Yüksek yoğunluklu ve enerjili uygulanan atımlı ışık yöntemi ile yapılan çalışmalarda hücrenin kendini onaramayacak şekilde hasara uğradığı tespit edilmiştir. Ancak, geleneksel UV uygulamalarında ise belirli koşullarda hücre kendini onarabilmektedir. Yapılan çalışmalarda Bakterilere göre küf sporlarının atımlı ışığa karşı dirençleri daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda taze meyvelerde uygulamaların çok yapıldığı gıda güvenliği ve besinsel öğelerdeki değişimlerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Gıdalarda en çok et endüstrisinde kullanılmaktadır (Abida ve ark., 2014; Bhavya ve Hebbar, 2017; Cacace ve Palmieri, 2014; Duarte-Molina ve ark., 2016; Saroya, 2017). Atımlı ışığın bakterisidal etkisi, düşük penetrasyon derecesi ile sınırlıdır. Mikroorganizmaların katı yüzeylerde inaktivasyonu için çok uygundur, ancak sıvı gıdalarda uygulanabilirlik berrak sıvılarda sınırlıdır. Yine de, penetrasyon derinliği ortamın optik özelliklerine bağlı olarak oldukça küçüktür (Delgado ve ark., 2012).

2.1.6. Mikrofiltrasyon

Mikrofiltrasyon ile çözelti içindeki mikron ve daha büyük boyutlardaki partiküller ayrılmaktadır. Mikrofiltrasyon membranlarının delik çapı, 0.05 ile 5 mm arasında değişmektedir. Membran direnci düşük olduğu için, düşük basınç altında işletilmektedirler ve ortalama olarak 2.0 bar'a kadar olan basınçlarda çalıştırılırlar. Mikrofiltrasyon, 0,1-0,5 bar arasında değişen basınç yardımıyla molekül ağırlıkları 200 kDa'dan büyük olan partiküller üzerinde seçici özelliğine göre ayırabilme yeteneğinde bir tekniktir. Kullanılan membranın gözenek çapları 0.1-10 μ m aralığında değişmektedir (Rosenberg, 1995; Urošević ve ark., 2017). Süt ve süt ürünleri teknolojisinde, patojen mikroorganizmalar, somatik hücreler, yağ globülleri, fosfolipidler gibi büyük moleküllü partiküllerin seçici olarak ayrılmasında kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda, pastörize süttten üretilen süte göre, süt ve süt ürünlerinin depolama süresi,

mikrofiltrasyon yöntemine tabi tutularak üretilen süte göre daha kısadır (Avalli ve ark., 2004; Raghavarao ve ark., 2005).

2.1.7. Ultraviyole Işık

Ultraviyole (UV) ışık, elektromanyetik spektrumda dalga boyu aralığı 10-400 nanometre arasında dalga boyuna sahip bir ışınım türüdür. Elektromanyetik spektrumda üç ultraviyole ışığı bölgesi vardır. Bunlar, UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm) 'dir. UV ışık, UV-C bölgesindeki patojen mikroorganizma inaktive etme özelliklere sahiptir. İnaktivasyon verimliliği, maksimum inaktivasyonun yaklaşık 254 ila 264 nm aralığında gerçekleştiği bir aralıkta izlemektedir. UV-C ışığın gıdalarda kullanımını geniş bir spektrumda mikroorganizmalara etki etmekle beraber, bunun yanında diğer açılardan da gıda maddeleri üzerinde birçok avantajlar oluşturduğu bilinmektedir. Gıda işlemede kısa dalga ultraviyole (UV-C) kullanımı, aynı zamanda gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatabilir ve patojenlerin varlığına bağlı sağlık risklerini azaltabilir. Bu uygulama, taze meyve ve sebzelerde, taze meyve suyu içecekleri, taze et, kümes hayvanları ve deniz ürünlerinde bulunan gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi için uygulanabilir (Choudhary ve Bandla, 2012; Koutchma ve ark., 2009).

Yapılan bazı çalışmalarda, ultraviyole ışık 100-280 nanometreye kadar olan dalga boyu aralığında antimikrobiyal etkileri göstermiştir. Genel olarak, çeşitli çalışmalarda, mikroorganizmaların yok edilmesinin, timin dimerlerinin oluşması nedeniyle DNA'nın muazzam zarar görmesine yol açan UV-C ışığının hücrelerin dış zarlarına nüfuz etmesinden kaynaklandığını, bu da mikroorganizmaların DNA transkripsiyonunu ve replikasyonunu üstlenmesini önlemekte ve sonunda UV-C uygulama sürecinde hücre ölümüne yol açarak etki etmektedir. Ultraviyole ışık uygulamasının etkinliği ışığın karakteristik özelliklerine, gıda maddesinin özelliklerine, dalga boyuna, mikroorganizma türlerine, proses şartlarına ve gıda maddesinin katı veya sıvı olması gibi birçok özelliğe göre etki mekanizmasında değişkenlik göstermektedir. Gıda yüzeylerinde mikroorganizma inaktivasyonu uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar giderek artmakta ve UV ışık teknolojisinin başarılı olduğu birçok çalışmada tespit edilmiştir (Gómez-López ve ark., 2012; Keklik ve ark., 2012; Koutchma, 2014; Koutchma ve ark., 2009) .

2.1.8. Manyetik Alan Isıtma ve Ilımlı Manyetik Alan

Manyetik alan gıdalarda mikrobiyal inaktivasyon üzerinde potansiyel bir etkiye sahip bir yöntemdir. Manyetik alan, statik manyetik alan (SMA) ve hareketli manyetik

alan (HMA) olarak gıdalarda mikrobiyal inaktivasyon açısından önemli iki farklı yöntemlerdir. Manyetik alan yoğunluğu, SMA’de zamanla sabit dalgalar halinde iken, HMA’de sinüzoidal dalgalar şeklinde değişebilmektedir. Manyetik alan etkisi, biyomembranların veya biyomoleküllerin diziliminde, DNA sentezlenmesinde ve plazma membranı arasında iyonik harekette değişikliğe neden olarak hücrenin çoğalma hızında değişikliğe sebep olmaktadır. Sıvı ve paketlenmiş katı gıda maddelerinin işlenmesinde uygulanmaktadır (Filipiç ve ark., 2012; Liu ve ark., 2010; Zhao ve ark., 2018). Bir çalışmada, PEF ve SMA kombine olarak gıda dondurma işlemleri için kullanılmış ve başarılı sonuçlar vermiştir (Mok ve ark., 2015).

İlimli manyetik alan (MEF) elektrik devresinin gıda tarafından tamamlanması sonucu içinden elektrik akımının geçmesi prensibine dayanır. Genellikle meyve suyu verimliliğini etkilemek için hücre duvarını parçalayarak kullanılmaktadır (Baysal ve ark., 2013; El Zakhem ve ark., 2007). Oda koşullarından *Escherichia coli* inaktive edilmesi çalışmasında kullanılmıştır (Machado ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda mikroorganizmalardan bileşen ekstraksiyonu, fermentasyon verimi ve başka yöntemler ile kullanılarak raf ömrünün artırılması gibi çalışmalarda kullanılmıştır (Jaeschke ve ark., 2016; Mattar ve ark., 2015; Vallverdú-Queralt ve ark., 2013; Walkling-Ribeiro ve ark., 2010).

2.1.9. Yüksek Gerilimli Elektrik Deşarjı ve Kayma Ark Boşaltım Deşarjı

Son zamanlarda, yüksek voltajlı elektrik deşarjları (YVED) gibi yeni teknolojiler, daha çok bitkisel maddeden elde edilen polifenoller gibi değerli bileşenlerin çıkarılması için kullanılmaktadır (Boussetta ve Vorobiev, 2014; Delsart ve ark., 2015). YVED teknolojisinin elektriksel ve mekanik etkileri ile hücre duvarlarında ve dokularında hasar meydana getirerek parçalanmasına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada kolza tohumu preslenmesi sonucu yüksek bileşenleri (protein, polifenoller ve isothiocyanates) kaybını en aza indirmek için yüksek gerilim elektrik deşarjları (0–400 kJ/kg) ve katı sıvı oranı (1:5–1:20, w/w) kullanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Barba ve ark., 2015). Gıdalarda yeni koruma yöntemlerinden biriside elektrik ark deşarjı vasıtasıyla kullanılan kayma ark boşaltımı (KAB), teknolojisidir (Wright ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada kayma ark boşaltımı, *Escherichia coli* ile kirlenmiş su, ilk 10, 13, 16 ve 25 dakika boyunca KAB ile muamele edilmiş ve en iyi sonuç 16 dakikalık plazma işlemi ile (yaklaşık 2.7 log azalma) inaktive edilmiştir (Kim ve ark., 2013).

2.1.10. Ses Dalgaları

Ses kulağımızın duyabileceği (16-20 kHz) frekans aralığına göre belirlenmektedir. 20 Hz'den küçük frekanslı ses dalgalarına “Infrases”, 20 kHz'den büyük frekanslı ses dalgalarına ise “Ultrasen” denilmektedir. Başka bir tanımla, saniyede 20.000 veya daha fazla ses dalgası tarafından enerji üretilmesidir (Carovac ve ark., 2011). Ultrasen; katı, sıvı, gazlardan geçebilme yeteneğine sahip ve insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları frekansları olarak tanımlanabilmektedir.

Ses dalgaları teknolojisi gelişimini ilk kez gündeme getiren 1880 yılında Pierre Curie (piezoelektrik etkiyi keşfiyle) olmuştur. Bunun sonucunda sesin bir ortam içinde hareket hali cihazlar yardımıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1942 yılında tıbbi ultrasound Avusturyalı Theodore Dussik tarafından tanımlanmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra modern ses dalgaları teknolojisi gelişmeye başlamıştır. Ludwig ve Struthers ilk kez safra kesesi içindeki taşları ses dalgalarının yardımı ile göstermişlerdir (Günaydın, 2011; Mason, 1999). Ultrasound teknolojisinin, mikrobiyal inaktivasyon metodu olarak kullanılması ise 1960'lı yıllarda denizaltısavarlardan çıkan ses dalgalarının balıkları öldürdüğünün tespit edilmesi ile ortaya çıkmıştır (Piyasena ve ark., 2003).

Ses dalgaları, katılarda boyuna veya enine dalgalar, sıvı ve gazlarda ise boyuna şeklinde yayılan bir titreşim enerjisi bütünüdür (Mason, 1999). Bilindiği gibi, ses dalgaları bilimi geniş bir disiplinlerarası (yaşam ve yer bilimleri, mühendislik ve mühendislik gibi çeşitli alanlardan) alanı kapsamaktadır. Frekans spektrumuna göre üç ana dala ayrılabilir; infrasound, sound ve ultrasound. Sound, insan ses duyarlılığıdır (20Hz–20kHz). Infrasound insan işitme aralığının altındaki frekanslarla ilgilenen bir daldır (0-20 Hz). Ultrasound ise moleküller arası mesafelere (10¹² Hz civarı) kıyasla daha geniş elastik dalgalar kapsar (20 kHz üzeri).

Üç dalgaların genel davranışını açıklamak için akustik temel ilke ve denklemler kullanılır. Bununla birlikte, duyulmayan ultrason ve infrasound dalgalarının özel karakteristikleri, ses frekans alanına göre uygulamalarında temel bir fark oluşturmaktadır. Infrasound dalgaları, depremler ya da volkanik patlamalar gibi bazı doğal olaylar ya da sonik patlamalar ya da patlamalar gibi insan süreçleri tarafından üretilen çok uzun dalgalar tarafından oluşturulmaktadır.

Ultrasonik dalgalar, genellikle özel olarak tasarlanmış teknolojik kaynaklardan üretilen çok kısa dalgalar (santimetre ile nanometre aralığında dalga boyları) olup birçok endüstriyel, tıbbi ve çevresel süreçte uygulanmaktadır (Jose V. Garcia-Perez, 2017).

Ultrasound uygulamalarının sınıflandırılması için ses dalgaları ile yaratılan enerji miktarı (dalgalarının gücü (W), yoğunluğu ($W.m^{-2}$) veya enerji yoğunluğu ($W.s.m^{-3}$) hesaplanarak çeşitlendirilmektedir. Gıda endüstrisinde geniş kapsamda düşük enerjili (düşük güç, düşük yoğunluk) ve yüksek enerjili (yüksek güç, yüksek yoğunluk) olmak üzere 2 çeşit ultrasound uygulaması mevcuttur (Jose V. Garcia-Perez, 2017; McCausland ve Cains, 2004; Salazar ve ark., 2012).

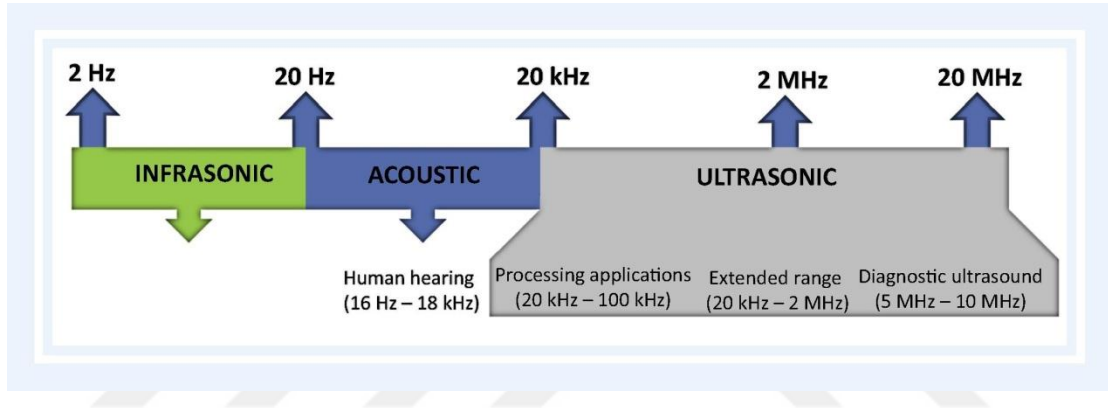
Düşük enerjili ultrasound uygulamaları 100 kHz frekanstan daha büyük ve 1 $W.cm^2$ değerinden daha düşük yoğunluğa sahiptir. Düşük enerjili ultrasound uygulamaları genel olarak; gıda ve proses kontrolünde (Emilsüyonlarda, ekstraksiyonlarda, fırıncılık ürünlerinde, içeceklerde et ürünlerinin karakterizasyonunda ve yağların karakterizasyonu gibi uygulamalarda) ve biyoproses izleme: sıvı bileşimlerdeki dönüşümlerin ölçülmesinde kullanılmaktadır (Chemat ve ark., 2011; Jose V. Garcia-Perez, 2017; Kiełczyński, 2017; Luque de Castro ve Priego-Capote, 2007; Mar ve ark., 2017; Salazar ve ark., 2017; Villamiel ve ark., 2015).

Bir sıvıda kavitasyon oluşturmak için minimum seviyede bir ultrason enerjisi gereklidir. Genel olarak eşik, ısıma yüzeyinde yaklaşık 0,3 ve 0,5 W/cm^2 ; ultrason dalgalarının frekansı sırasıyla 20 ve 40 kHz olduğundadır. Mevcut yüksek güçlü ultrason frekansı 20 kHz'den 1 MHz aralığındadır. Son yıllarda modifikasyon ve kristalizasyonun kontrolü, sıvı gıdaların hava kabarcıklarının çıkartılması, enzim inaktivasyonu, gelişmiş kurutma, filtrasyon ve oksidasyon reaksiyonlarının başlatılması gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Feng ve ark., 2011; Mar ve ark., 2017).

Ultrasound işleminin sıcaklık, basınç ya da her ikisinin birlikte kullanımı ile etkisi artırılabilir. Ultrasound işleminin sıcaklık ile birleştirilmesi termosonikasyon; basınç ile birleştirilmesi manosonikasyon; ultraviyole ışığıyla beraber kullanılmasına fotosonikasyon; sıcaklık ve basınç ile birleştirilmesi ise manotermosonikasyon olarak adlandırılmaktadır (Chemat ve ark., 2011; Şengül ve ark., 2011).

2.1.10.1.1. Ses dalgasının özellikleri

Yüksek frekanslara (>20 kHz) sahip ses dalgaları ultrasound olarak tanımlanmaktadır. Ultrasound uygulamalarında ses dalgaları frekansının alt ve üst limitleri net olmamasına rağmen gazlarda genellikle 5 MHz, sıvı ve katılarda 500 MHz olarak kullanılmaktadır (Mason ve Lorimer, 2002). Ses dalgaları frekans aralığına dayanarak üç kategoriye ayrılabilir: (i) güç ultrasonu (20-100 kHz); (ii) yüksek frekans veya genişlemiş aralık (20 kHz-2 MHz) ve (iii) diagnostik ultrason (> 1 MHz) Şekil 1’de gösterilmiştir(Ojha ve ark., 2017). (Şekil 1)



Şekil 1. Ultrasound frekans aralığı

Ultrasonik bir dalga genlik (Amplitude, A) ve frekans (f) ile gösterilmektedir. Dalga boyu (λ) ses dalgalarındaki birbirine yakın iki tepe arasındaki mesafeye tanımlanmaktadır. Frekans (f) ise Hertz (Hz) ile ifade edilmekte ve 1 saniyede oluşan ses titreşim sayısı veya bir noktadan geçen salınım tanımlanmaktadır. Ses dalgalarının yüksekliğine genlik (A) ses dalgalarının gücünü belirler. Ultrasound yoğunluğu aşağıdaki formülle belirlenmektedir (Tiwari ve ark., 2008a).

Watt (P): birim zamandaki güç

UI: ultrases yoğunluğu

D; ultrases sistemindeki probun cm cinsinden çapı

$$UI = 4P / \pi D^2$$

Ultrasound uygulamalarının sınıflandırılması amacıyla, ses alanında oluşan enerji miktarı ultrasound uygulamalarının sınıflandırılması için kullanılmaktadır.

(W): ses kuvveti

(W/m²) : ses şiddeti

(W/m³) : ses enerji yoğunluğunu göstermektedir (Knorr ve ark., 2004).

Ultrasound uygulamaları enerji durumlarına göre 2 gruba ayrılmaktadır. Düşük enerjili (<100 kHz, <10 W.cm²) ultrasound 5-10 MHz arası frekanslarda ve 1 W/cm² altındaki düşük yoğunluklarda uygulanmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrasound uygulandığı maddede fiziksel ve kimyasal bir değişime neden olmamaktadır. Yüksek enerjili (<100 kHz, <10 W.cm²) ultrasound ise 1 W/cm² değerinden yüksek yoğunlukta ve genel olarak 18-100 kHz arası frekanslarda uygulanmaktadır. Ultrason, kimyasal, biyolojik işleme, gıda işleme, ilaç, tıbbi ve savunma gibi çeşitli endüstriyel sektörlerde kullanılmaktadır. Aşağıdaki tablo 1’de düşük enerjili ve yüksek enerjili ultrasound bazı uygulama alanları sınıflandırılmıştır (Awad ve ark., 2012; Mar ve ark., 2017; Muthukumarappan ve ark., 2010; Ojha ve ark., 2017; Paniwnyk, 2017).

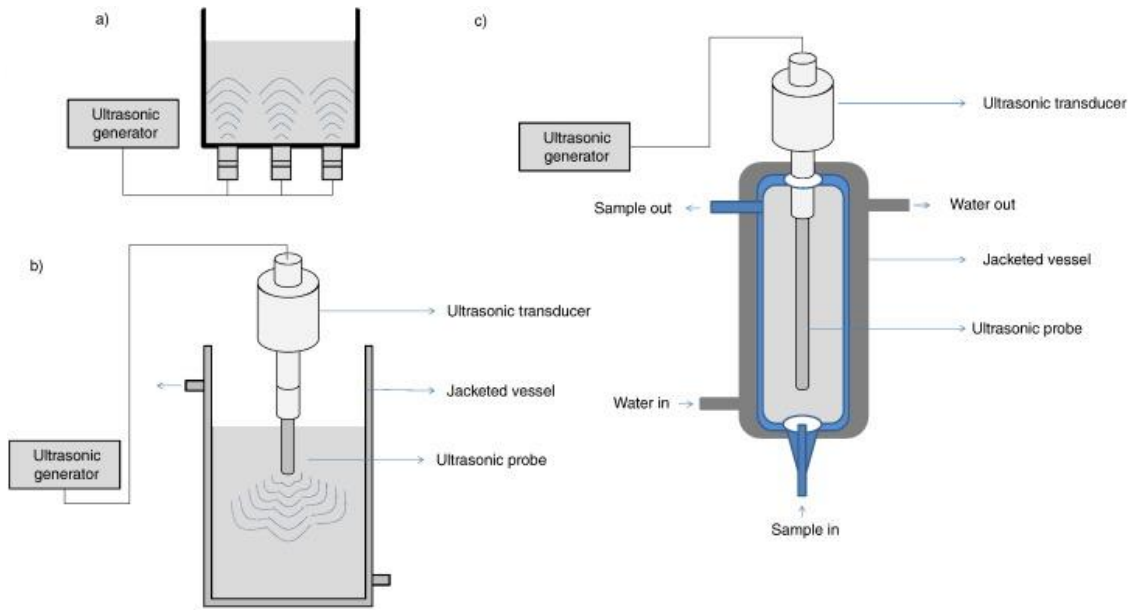
Tablo 1. Düşük enerjili ve yüksek enerjili ultrasound uygulama örnekleri

Düşük Enerjili Ultrasound	Yüksek Enerjili Ultrasound
-üretim prosesinin müdahalesiz izlenmesinde -etteki yağ oranının belirlenmesinde -peynirdeki yüzey çatlaklarında -süt koagülasyonunda -meyve ve sebzelerin karakterize edilmesinde -yumurtaların kalitesinin tespitinde -şarap fermentasyonunu kontrolünde -hamurun reolojik özelliklerinde -şeker içeriğinin belirlenmesi, -farklı fizikokimyasal özelliklerin (asit vs.) belirlenmesi	-ekstraksiyon işleminde -homojenizasyon prosesinde -emülsifikasyon -sanitasyon -gıdalarda dondurma süresini kısaltma -filtrasyon aşamasında -kurutma, kristalizasyon -dondurulmuş ürünlerin çözme işlemlerinde -sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında -ambalajlanmış gıdalarda kalite kontrolü -protein denatürasyonu -ayırma -polimerizasyon/depolimerizasyon, -oksidasyon proseslerinde, -enzim ve mikroorganizmaların inaktivasyonunda

2.1.10.1.1. Ultrasound sistem mekanizması

Ultrasound sistemini oluşturan ana parçalar jeneratör (alternatif akımı dönüştürücünün kullanabileceği yüksek frekanslı alternatif akıma çevirmekte), dönüştürücü (yüksek frekanslı elektrik akımını mekanik titreşimlere dönüştürmekte) ve iletici(mekanik titreşimler ultrasound işleminin uygulanacağı ortama iletilmekte) kısımdır. Ultrasound gücünün üretiminde mekanik veya elektrik enerjisini ses enerjisine

çeviren dönüştürücüler kullanılır. Genel olarak kullanılan 3 ana tipte ultrasound dönüştürücüsü vardır. Bunlar; gaz zorlamalı dönüştürücü (ısılk ve sirenleri kullanırlar), sıvı zorlamalı dönüştürücü (Basit ve dayanıklı bir dönüştürücü tipidir), elektromekanik dönüştürücü (manyetostriktif dönüştürücü, piezoelektrik dönüştürücü). Piezoelektrik dönüştürücüler ultrasound sistem mekanizmasında sıklıkla kullanılan dönüştürücülerdir. Mekanik bir basınç uygulanan bazı seramik ve kristal malzemelerde piezoelektrik dönüştürücüler ile üzerine bir elektriksel gerilim oluşmaktadır (De Castro ve Capote, 2006; Mason, 1998). Sıvı gıda işleme için kullanılan bazı yaygın ultrasound sistemler Şekil 2’de gösterilmektedir (Zinoviadou ve ark., 2015).

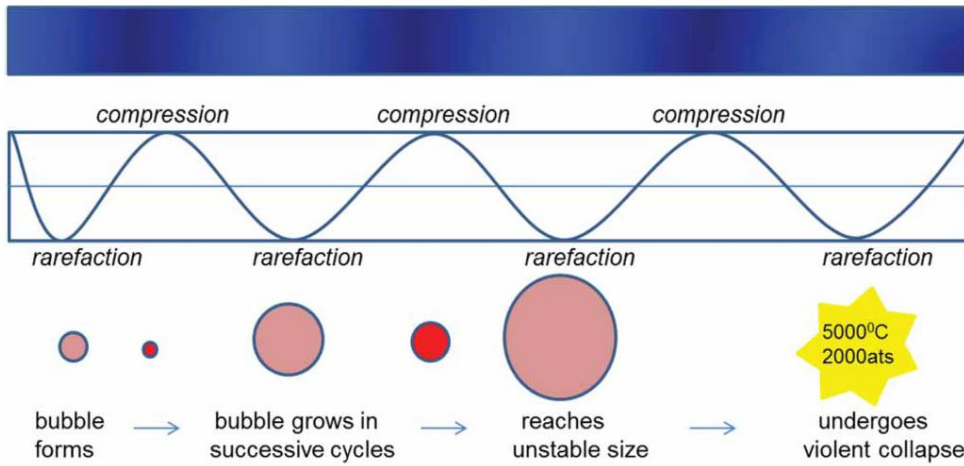


Şekil 2. Çeşitli ultrasonik sistemler: a) ultrasonik banyo b) sıvı gıda işleme için kullanılan batch tipi prob sistemi ve c) sürekli prob sistemi

Ultrasound cihazlarında prob sistemlerinde dönüştürücüye bağlı başlığa takılabilen farklı çaplarda probalar kullanılmaktadır. Farklı çaplara göre sistem tarafından uygulanan gücün yoğunluğu ve sıvı hacmi de değişmektedir. Prob genellikle doğrudan materyalin içine daldırılır, güçleri kontrol edilebilir ve ultrasound yoğunluğu (W/cm^2) üretebilmektedir. Titreşimin en iyi şekilde iletilmesi için genellikle yüksek mekaniksel aşınma dayanımlarından dolayı titanyum ve alüminyum alaşımlar kullanılmaktadır (De Castro ve Capote, 2006; Mason, 1998).

Kavitasyon oluşumuna göre 4 gruba ayrılır; akustik kavitasyon, hidrodinamik kavitasyon, optik kavitasyon, tanecik kavitasyon (Gogate ve Pandit, 2004). Yüksek ses dalgaları aracılığıyla gıdalar üzerinde fiziksel, biyokimyasal ve mikrobiyolojik

özelliklerini değiştirebilmesi etkilerin oluşmasında temel faktör akustik kavitasyondur (Torley ve Bhandari, 2007). Ultrasound dalgalarının oluşturduğu mekanik titreşimler sıvı ortamla karşılaştığında boyuna dalgalar oluşturur ve ardışık olarak kasılıp gevşeme olayları olur. Olaylar sırasında pozitif bir baskı uygulanır ve sıvı moleküllerinin birbirine itme mekanizması gerçekleşir. Ses dalgası gevşeme pozisyonuna geçerken negatif baskıyla sıvının noktasal çekme kuvvetini aştığı zamanlarda küçük hava baloncukları ve boşluklar meydana gelir (Feng ve Yang, 2011; Vajnhandl ve Majcen Le Marechal, 2005). Sıvı içindeki küçük kabarcıklar ultrasound dalgalarının gevşeme-sıkışma hareketleri etkileri ile artma başlarken aynı zamanda genişleme sırasında sıvının gerginliğinin etkisiyle yeni kabarcıklar da oluşturmaktadır. Sıkıştırma sayesinde absorbe ettikleri gazlar sayesinde kabarcıkların yüzey alanları genişlemektedir. Kabarcıklar ses dalgalarının etkisiyle kritik bir değere ulaştığında ise patlamaktadır. Oluşan bu reaksiyona kavitasyon denir. Kavitasyon iki şekilde oluşmaktadır. Uygulanan akustik enerji kavitasyonun oluşumu için eşik değerini geçtiğinde sabit ve süreksiz olmak üzere iki tür patlama meydana gelmektedir. Mekanizmadan sonra hızlı bir şekilde titreterek salınan kabarcıklara sabit kavitasyon, şiddetli bir şekilde patlayana ise süreksiz kavitasyon (10 W/cm^2 ve üzerinde) denir. Süreksiz kavitasyonda baloncuklar birkaç akustik salınımla birlikte hızlı bir şekilde hacimleri genişlemekte, küçük hacimlerde enerji yoğunlaşmakta ve çok kısa bir sürede hacimleri kritik seviyeye ulaşmaktadır. Baloncuklar artan enerjiyi absorplayamayacak bir seviyeye ulaştığında şiddetli bir çöküşle sonlanmaktadır Hot-spot teorisine göre kavitasyon sırasında oluşan kabarcıkların şiddetli bir şekilde patlaması sonucu noktasal olarak çok yüksek basınç (yaklaşık 10 – 100 MPa), çok yüksek sıcaklık (yaklaşık 2000 – 5000 °C), mikroşok dalgalar ve ışık enerjisinin yayılmasıyla mekanizma sonlanmaktadır (Feng ve Yang, 2011; Mason ve ark., 2003; Torley ve Bhandari, 2007; Weiss ve ark., 2011). Kavitasyon baloncukları viskozite seviyesine göre değişmektedir. Yüksek viskoziteli ortamlarda zor oluşmaktadır. Sıcaklık arttığında viskozitenin de azalması ile daha şiddetli patlama meydana gelmektedir. Uygun patlama meydana gelmesi için optimum sıcaklıkta düşük viskozitede işlem yapılmalıdır (Earnshaw, 1998; Patist ve Bates, 2008). Şekil 3’de kavitasyon baloncukların gelişimi ve sönüşü gözükmemektedir (Purcell ve ark., 2013).



Şekil 3. Kavitasyon kabarcıklarının gelişimi ve sönüşü

Gıdaların reolojik özelliklerinin etkileme mekanizmasına bakıldığında ise kavitasyonun bu etkilerini sonucunda su molekülleri kırılmaları ve yüksek oranda reaktif özelliklerde serbest radikaller meydana gelmektedir. Serbest radikaller moleküllerle reaksiyon oluşturabilmektedir. Hidrojen atomları (H^+) ve hidroksil radikalleri (OH^-) meydana gelmekte ve hidroksil radikalleri ve oksijen varlığında hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşmaktadır. Bu geçici reaktif gruplar karbonhidratlarla reaksiyona girmekte, hidrolize etmekte ve kırılan çeşitli polisakkaritlerin moleküler ağırlığı azalmasıyla gıdanın yapısını etkilemektedir (Ashokkumar ve ark., 2010; Muthukumarappan ve ark., 2010).

2.1.10.1.2. Kavitasyonu etkileyen önemli faktörler

Ses dalgası frekansı; Ultrasound frekansı kavitasyon oluşumunda etkilidir ve yüksek frekans kavitasyonal etkiyi azaltmaktadır. Bu nedenle uygulanan ultrasound frekansının belirtilen seviyenin altında olması gerekir. Kavitasyonun oluşabilmesi için ultrasound dalgasının frekansının doğru orantılı olarak artırılması gerekmektedir. Ultrasound sistemi 20 kHz gibi düşük frekanslarda daha etkilidir (Adewuyi, 2001; Santos ve ark., 2009). Örneğin frekansın artması, sürenin azalmasına ve dolayısıyla uygulanacak olan ultrasound şiddeti doğru orantılı olarak artması neden olmaktadır. (Mason ve Lorimer, 2002; Vajnhandl ve Majcen Le Marechal, 2005). Ayrıca düşük frekanslarda yüksek akustik basınçta sahip yüksek genlikte akustik dalga üretilirken, yüksek frekansta ise akustik basınçlar daha düşük olduğu için ve çözelti içerisinde çok daha kolay dağılır (Feng ve ark., 2011).

Sound dalgasının yoğunluğu; Ultrasound uygulanmasından sonra kavitasyonun oluşması için gereken eşik ultrasound şiddetinin aşılması gerekmektedir. Ultrasound dalgasının yoğunluğu, frekans değerine ve gıdanın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Sound yoğunluğu arttıkça akustik genlik de artmakta ve dolayısıyla daha şiddetli baloncuk patlamalarına neden olmaktadır (Adewuyi, 2001; Feng ve ark., 2011). Fakat kavitasyon oluşumunun artması her zaman olumlu olarak etki göstermeyebilir. Bunun sebebi kavitasyon arttıkça baloncuklar daha fazla büyümek için birbirleriyle birleşmekte ve baloncukların daha geç patlamasıyla sonuçlanabilmektedir (Feng ve ark., 2011). Ultrasound yoğunluğu titreşim genliği ile doğru orantılıdır. Fakat genliğin fazlaca artırılması ultrasound sistem prosesinde sıkıntılar oluşturabilmektedir (Feng ve ark., 2011; Santos ve ark., 2009).

Çözücü Özellikleri; Kavitasyonun etkinliğinin artırılması için çözücünün daha uçucu olması gerekmektedir. Yüksek buhar basıncı (düşük bir buhar basıncı özelliğine sahip olan bir çözücüde patlatmayı başlatmak daha zor ve yüksek buhar basıncı baloncuk içine nüfuz ederek etkilemekte), düşük viskozite ve düşük yüzey gerilimi (kavitasyon başlangıcını hızlandırmakta) özelliğine sahip çözücülerde kavitasyon üzerinde daha etkilidir (Adewuyi, 2001; Mar ve ark., 2017).

Gaz özellikleri; Gazların politropik oranı (γ), ısı kapasitesi oranı (C_p/C_v) ve ısı iletkenliği de baloncukların patlama süresince açığa çıkan ısı derecesini etkilemektedir (Adewuyi, 2001; Peters, 1996). Çözünebilir gaz varlığında daha fazla sayıda kavitasyon baloncucu oluşmaktadır fakat baloncukların içerisine daha fazla gaz molekülü girmesine halinde baloncukların içeri doğru çökmesine neden olarak mekanizmanın etkisini azaltmaktadır. Dışarıdan uygulanan yüksek basınç sıvı buhar basıncını azaltır ve kavitasyonun meydana gelmesi için daha fazla şiddete ihtiyaç duyulmasına neden olur (Vajnhandl ve Majcen Le Marechal, 2005).

Sıcaklık; Sıcaklığın artması gaz kabarcıklarının patlama süresinin uzatmasından dolayı buhar basıncının artmasını sağlayarak uygulanan ultrasound şiddetinin azalmasına neden olmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla maddenin viskozitesi ve yüzey gerilimi özellikleri değiştirerek ultrasonud işlemini etkilemektedir. Bununla beraber ultrasound işlemlerinde sıcaklığın artması kavitasyonun etkisini çok önemli şekilde artırmaktadır. Enzim ve mikrobiyal etkinliğin artırılması işlemleri başta olmak üzere yapısal değişikliklerde etkinliğin artırılması için ultrasound işleminin çalışmalarda sıcaklıkla

birlikte kullanılmasının etkinliği artırdığı gözlemlenmiştir (Adewuyi, 2001; Feng ve ark., 2011; Mar ve ark., 2017; Tiwari ve Mason, 2012).

2.1.10.1.3. Ultrasound teknolojisinin gıdalarda meydana getirdiği etkiler

Tarihi öncesi çağlardan beri, gıdaların daha uzun süre korunması için çok çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Zamanla imalat, işleme ve ambalajlama teknolojileri benzersiz bir seviyeye kadar geliştirilmiş ve rasyonel hale getirilmiştir. Bu teknolojilerin temel amacı, işleme süresini azaltmak, enerji tasarrufu yapmak ve raf ömrünü ve gıda ürünlerinin kalitesini arttırmaktır. Termal teknolojiler (radyo frekansı ve mikrodalga ısıtma gibi), vakum soğutma teknolojisi, yüksek basınçlı işleme ve atımlı elektrik alan teknolojisi, yüksek kaliteli ve güvenli gıda ürünleri üretme potansiyeline sahip yeni teknolojilerdir ancak yüksek yatırım maliyetleri ile ilgili mevcut kısıtlamaları, tam kontrolü olan proses operasyonu ile ilişkili değişkenler, düzenleyici onay eksikliği ve en önemlisi tüketici kabulü bu teknolojilerin endüstriyel ölçekte daha geniş bir uygulanmasını geciktirmektedir. Son yıllarda, gıda endüstrisinde ultrasound araştırma ve geliştirme konusu olmuştur. Endüstrilerin pratik ve güvenilir ultrasound ekipmanları ile donatılabilmesi nedeniyle ultrasound teknolojisine büyük bir ilgi vardır. Günümüzde, yeşil yeni teknoloji olarak ortaya çıkışı çevre sürdürülebilirliğindeki rolüne dikkat çekmiştir. Ultrasound uygulamaları üç farklı yönteme dayanır:

- Ürüne doğrudan uygulama.

- Cihazla bağlantı.

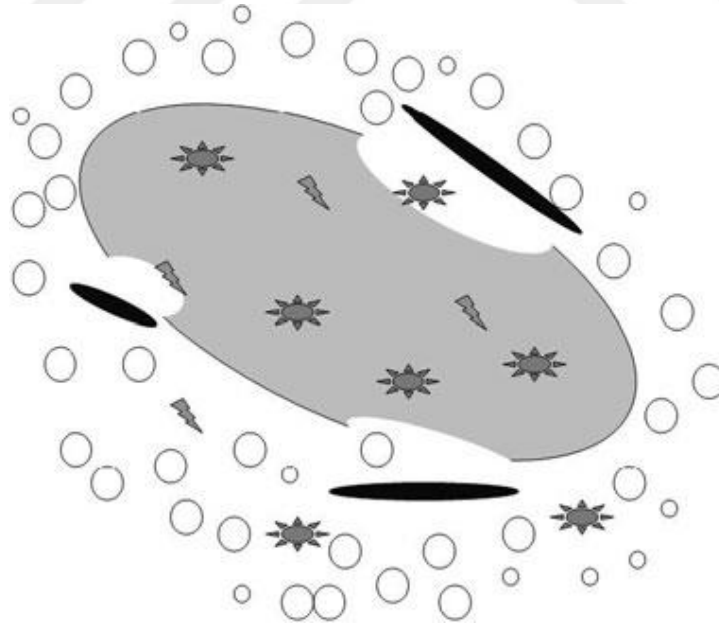
- Ultrasonik bir banyoda su altında kalma. Tablo 2’de yüksek güçlü ultrasound işleminin gıda proseslerinde kullanımı ile ilgili bazı örnekler verilmiştir (Chemat ve ark., 2011).

Tablo 2. Yüksek güçlü ultrasound işleminin gıda proseslerinde kullanımı

Uygulamalar	Konvansiyonel yöntemler	Ultrason ilkesi	Avantajlar	Ürünler
Pişirme	Fırın	Üniform Isı Transferi	Daha az Zaman	Et
	Kızartma		Isı transferinin ve organoleptik kalitesinin artırılması	Sebzeler
	Su banyosu			
Donma / kristalizasyon	Dondurucu	Üniform Isı Transferi	Daha az Zaman	Et ürünleri
	Daldırma ile dondurma, temas yoluyla,		Küçük kristaller	Sebzeler
			Diffüzyonun iyileştirilmesi	Meyveler
			Hızlı sıcaklık düşüyor	Süt ürünleri
Kurutma	Atomizasyon	Üniform Isı Transferi	Daha az Zaman	Kurutulmuş ürünler (meyveler, sebze, v.b)
	Sıcak gaz akımı		Organoleptik kalitenin artırılması	
	Dondurma		Isı transferini iyileştirme	
	Pülverizasyon			
Dekapaj / marine	Salamura	Kütle aktarımının artırılması	Daha az Zaman	Sebzeler
			Organoleptik kalitenin artırılması	Et ürünleri
			Ürün stabilitesi	Balıklar
				Peynirler
Gaz giderme	Mekanik işlem	Sıkıştırma-kırılma olayı	Daha az Zaman	Çikolata
			Hijyenin iyileştirilmesi	Fermente Ürünler (bira v.b)
Filtrasyon	Filtreler (yarı geçirgen membranlar)	Titreşimler	Daha az Zaman	Sıvılar (meyve suları, v.b)
			Filtrelemeyi iyileştirme	
Kalıp bozma	Yağlama kalıpları	Titreşimler	Daha az Zaman	Pişmiş ürünler (kek, v.b)
	Teflon kalıpları		Ürün kayıplarının azaltılması	
	Silikon kalıplar			
Köpük giderici	Termal uygulama	Kavitasyon olayı	Daha az Zaman	Karbonatlı içecekler
	Kimyasal uygulama		Hijyenin iyileştirilmesi	Fermente ürünler (Bira v.b
	Elektriksel uygulama			
	Mekaniksel uygulama			
Emülsifikasyon	Mekaniksel uygulama	Kavitasyon olayı	Daha az Zaman	Emülsiyon ürünler (ketçap, mayonez, v.b)
			Emülsiyon kararlılığı	
Oksidasyon	Hava ile temas	Kavitasyon olayı	Daha az Zaman	Alkollü içkiler (şarap, viski, v.b)
Kesim	Bıçaklar	Kavitasyon olayı	Daha az Zaman	Kırılgan ürünler
			Ürünlerin kayıplarının azaltılması	(kek, peynir, v.b
			Doğru ve seri kesime	

2.1.10.1.3.1. Mikrobiyal inhibisyon

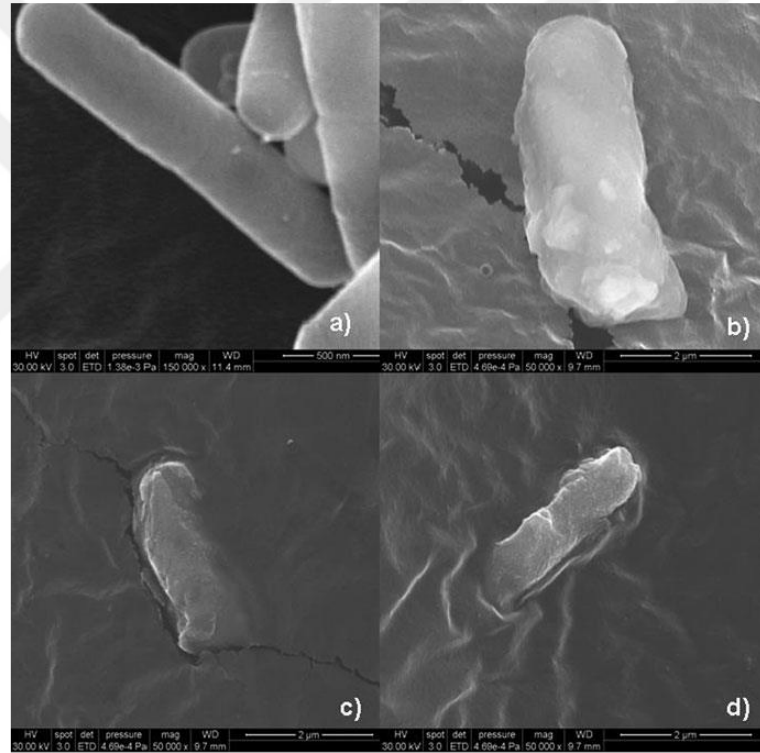
Ultrasound teknolojisinin, mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanımı 1960'lı yıllarda başlanmıştır. Mikroorganizma inhibisyonu esas olarak hücre duvarının kavitasyon etkisiyle zarar görmesi, sıcaklığın lokalize olması ve serbest radikallerin oluşmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Butz ve Tauscher, 2002; Feng ve Yang, 2011). Son yıllara da gittikçe önemi artan ısıl olmayan işlemlerin başında kullanılmaya başlanmıştır (Piyasena ve ark., 2003). Kavitasyon sırasında bir bakteri hücresinin ölümcül gösteren gözenek oluşumu, hücre zarı bozulması ve hücre kırılması etkileri şematik görünümü Şekil 4'de gösterilmiştir (Feng ve ark., 2011). Mikroorganizmaların inaktivasyon mekanizmasının teorisi, meydana gelen basıncın etkisiyle meydana gelen baloncukların patlamasıyla oluşan etkilere dayanmaktadır. Bu patlama sırasında oluşan mikro şoklar mikroorganizmalar üzerinde etkili olmaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Yapılan bir çalışma sonucunda süte 400 W, 120 mm, 24 kHz, ve 63 °C de 30 dakika muamele sonrası sonrası *Listeria innocua*'nın taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile çekilmiş fotoğrafı Şekil 5'de gösterilmiştir (Feng ve ark., 2011).



Şekil 4. Kavitasyon sırasında bir bakteri hücresi şematik görünümü

Bir başka açıklamada ise geçici kavitasyon ile oluşan baloncukların asimetrik patlaması sonucu oluşan sıvıların hızla püskürtülmesi (water jet) ile hücrelerin dış kısımlarında birçok zarar meydana gelmekte ve ayrıca hücre duvarlarındaki polimerik

maddelerin yapısında kırılmalar gerçekleştirerek inaktivasyon sağlamaktadır (Chandrapala ve ark., 2012; Feng ve ark., 2011). Genellikle inaktivasyon etkisi incelendiğinde, yaşlı hücreler gençlere, yuvarlak şekle sahip olanlar çubuklara, gram pozitifler gram negatiflere, küçük hücreler büyüklere, sporlar vejetatiflere, aerobikler ise anaerobiklere göre daha dirençli olduğu düşünülmektedir (Feng ve ark., 2011; Mason ve ark., 2005). Yapılan çalışmalarda, ultrasound dalgalarının tek başına değil, ancak diğer muhafaza yöntemleri ile kombine kullanıldığında özellikle mikrobiyal inaktivasyon açısından hurdle etkisi göstermekte ve sinerjistik etki oluşturabileceği düşünülmektedir (Paniwnyk, 2014; Piyasena ve ark., 2003).

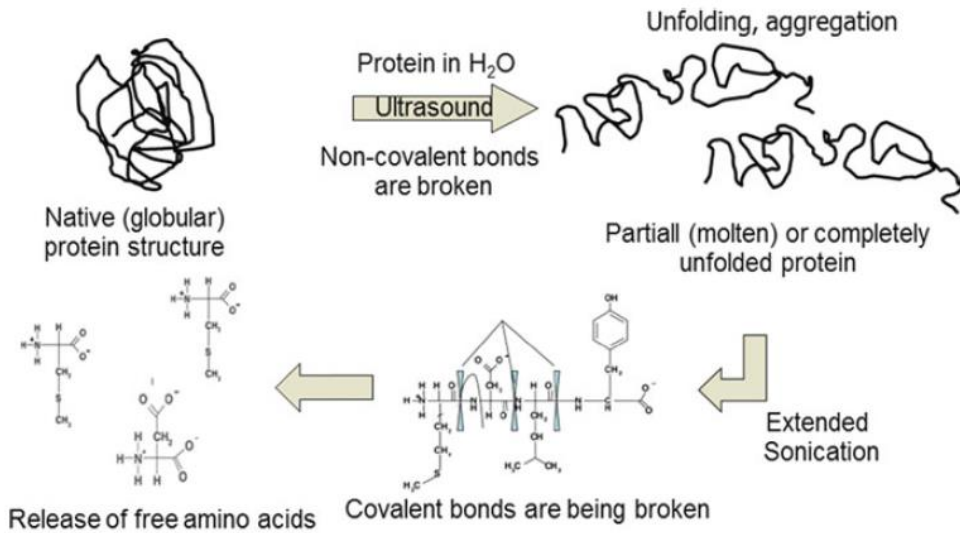


Şekil 5. *L. innocua* gözenek oluşumu, hücre zarı bozulması gibi hücrelerde kavitasyon öldürücü etkilerini gösteren ve hücre kırılması Yüksek vakum tarama elektron mikroskobu (SEM) kontrol resimleri (sol üst) Büyütme: (a) 150.000×, (b) 50,000×, (c) 50,000× ve (d) 50,000×

Ultrasound dalgalarının büyüklüğü mikroorganizmaların D değeri (ondalık azalma süresi) üzerine etkili ve yüksek dalga büyüklüğü kavitasyon baloncuklarının artışı ya da kavitasyonun gerçekleştiği sıvının hacminin artışına neden olarak etkilemektedir (Condon ve ark., 2005).

2.1.10.1.3.2. Enzim inaktivasyonu

Ultrasound dalgaların yarattığı kaviteasyon baloncukları sayesinde uygulaması sırasında meydana gelen kaviteasyon sonucu oluşan etkiler birçok enzimin inaktivasyonuna sebep olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan cihaz, sistem ve şartlar oldukça farklı olmasından dolayı birbiriyle kıyaslanması oldukça zordur (Mar ve ark., 2017; O'Donnell ve ark., 2010). Proteinler makromoleküler yapılara sahip olmalarından dolayı ultrasound ile muamele edilmesi ile fonksiyonlarında bazı değişiklikler olması beklenmektedir. Yüksek yoğunluğun proteinlerin kimyasal bütünlüğü üzerindeki etkisinin şematik gösterimi şekil 6'da gösterilmiştir. Düşük ultrasound yoğunluklarda ikincil ve üçüncül yapılarıdaki değişiklikler meydana gelebilir, bu da kısmen açılmaya ve agrega oluşumuna neden olur (Weiss ve ark., 2011).



Şekil 6. Yüksek yoğunluğun proteinlerin kimyasal bütünlüğü üzerindeki etkisi

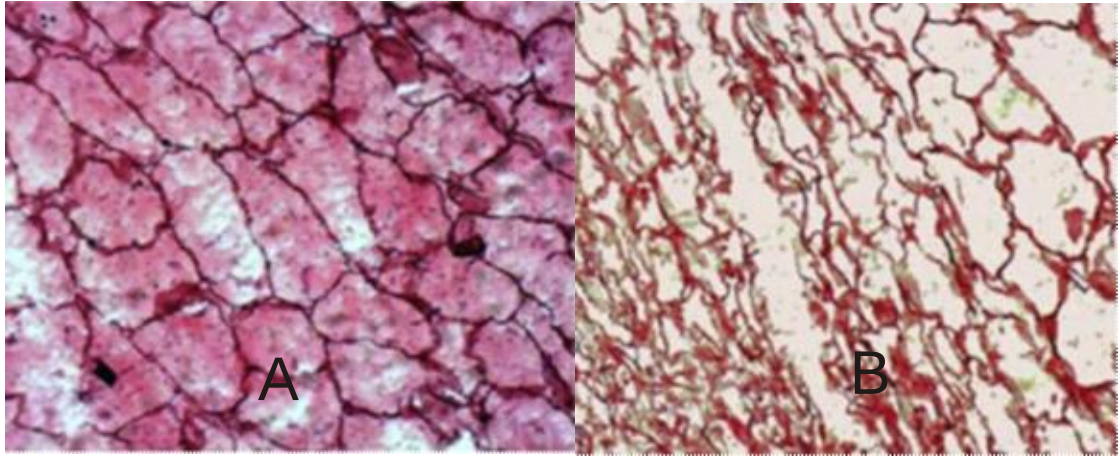
Daha büyük ultrasonik yoğunluklarda, peptit bağları kırılabilir ve serbest amino asitler serbest bırakılabilir. Enzim inaktivasyonunda ultrasound uygulamasında ana etki makro moleküllerin depolimerizasyonudur. Ayrıca ultrasound işlemi sabit kaviteasyon hücrelerinde meydana getirdiği titreşim sonucu oluşan mikroşok dalgalar güçlü bir makaslama ve yakınındaki sıvının mikro dalgalanmasına sebep olmaktadır. Sıkıştırma fazı termal, kimyasal ve mekaniksel etkiler ile olmaktadır. Aromatik etkileşimlerin basınca göre stabilize olduğu, iyon çiftleri ve hidrofobik alifatik etkileşimlerde ise basınç

ile bozulmaktadır. Enzimler ile ultrasound inaktivasyonu, uygulanan frekans ve dalga gücü, enzim tipi, konsantrasyonu, besiyeri, pH ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Enzimlerin polipeptit zincirlerindeki Van Der Waals interaksyonları ve hidrojen bağlarının kırılması enzimlerin sekonder ve tersiyer yapısında değişikliklere yol açarak enzimin inaktif hale gelmesine neden olmaktadır. Monomerik, dimerik, tetramerik ve homohexamerik gibi enzimlerin inaktivasyonunda literatürde farklılıklar gösterilmiştir. Monomerik enzimler için inaktivasyonun genel eğilimleri ya agregalar oluşturmak ya da enzim molekülünün parçalara bölünmesidir. Literatüre göre, polimerik enzimler genellikle ultrasonik inaktivasyon sırasında monomerik formlara ayrılırlar (Mawson ve ark., 2011). Ultrasound işlemi sütlerde; alkalinfosfataz, laktoperoksidaz, gama glutamiltranspeptidaz meyve ve sebzelerde; pektinmetilesteraz, polifenoloksidaz, peroksidaz, lipoksigenaz enzimlerinin inaktivasyonunda kullanılmaktadır (Cao ve ark., 2018; Mawson ve ark., 2011; O'Donnell ve ark., 2010).

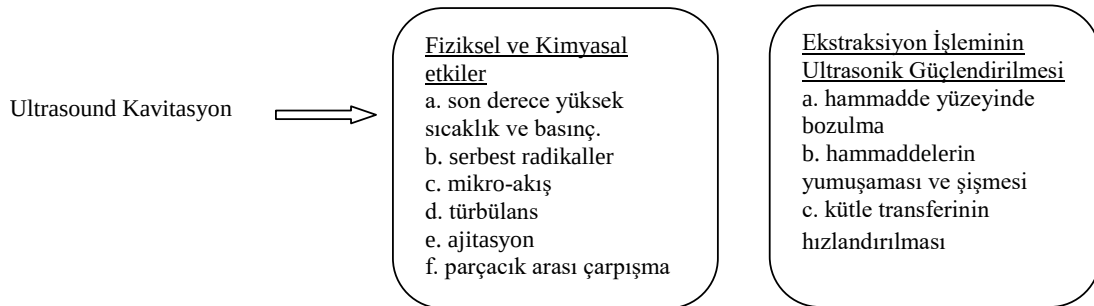
2.1.10.1.3.3. Ekstraksiyon

Ekstraksiyon işlemlerinde ultrasound kullanımı daha büyük avantajlar sunmaktadır. Çözücünün hücresel materyallere nüfuz etmesi, kütle transferinde iyileşme ve hücre duvarlarının bozulmasına bağlı olarak içeriklerin serbest bırakılması gibidir. Şeker pancarı, şifalı bileşikler (helicid, berberine hidroklorür, bergenin) ve soya fasulyesi ve çaydan şeker ekstraksiyonu gibi ultrasound kullanımına örnekler vardır. Peynir yapımı için kullanılan rennin enzimi ultrasound kullanımlı ile normal ekstraksiyona göre daha yüksek verimde elde edilmiştir. Ekstraksiyon işlemlerinde ultrasound kullanmanın avantajları, sıcaklıkların azaltılması ve muamele sürelerinin kısaltılmasıdır. Daha az çözücü tüketimi ve enerji girdisini azaltmak gibi etkileri vardır. Penggan (*Citrus reticulata*) kabuğundan hesperidinin ve fenolik madde elde edilmesi, soyadan yoğunlaştırılmış protein eldesi, Satsuma mandarin (*Citrus unsbiu marc*) kabuğundan fenolik asit ve flavanon glikozitin ekstrakte edilmesi gibi çalışmalar mevcuttur. Literatürlerde bildirilen diğer ekstraksiyon işlemleri, badem yağlarının, bitki özlerinin (rezene, şerbetçiotu, marigold, nane) ekstrakt edilmesi, ginseng saponinler, zencefil, rutin, biberiye kaynaklı karnosik asit, polifenoller, amino asit ve kafein, yeşil çaydan gelen kafein ve çiçeklerden piretrinler (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2011; Chemat ve ark., 2011; Y.-Q. Ma ve ark., 2008; Ya-Qin Ma ve ark., 2008; Preece ve ark., 2017).

Genel olarak, bu işlemlerin tümü, daha yüksek ekstraksiyon verimi ve oranları, daha kısa işleme süreleri ve daha etkin işleme tabi tutmak için ultrasound kullanımından faydalanılmıştır. Düşük frekans/yüksek güç ultrasound, çözücü ekstraksiyon işlemini arttırmak için yaygın olarak kullanılır. Yüksek güçlü ultrasound kullanılması, hücrenin bozulmasına yol açabilir katı numunenin duvarları. Sonikasyon, kontrollü bir hücre bozulmasına ve solventin daha hızlı nüfuz etmesi, kütle aktarım hızının artırılması, kavitasyon olgusuna atfedilir. Şekil 7'de Ananas dokusunda ultrasound uygulamasıyla oluşturulan mikrokanalları görülmektedir (Rodrigues ve Fernandes, 2017) . Ultrasound destekli ekstraksiyonun mekanizması Şekil 8'de özetlenmiştir. Ultrasonun fiziksel ve kimyasal etkileri ekstraksiyon işlemine fayda sağlamaktadır, ancak "ekstraksiyonun artırılmasına hangisinin en çok katkıda bulunur" sorusu henüz açıklığa kavuşmamıştır (Tao ve ark., 2016).



Şekil 7. Sonikasyonun ananas dokusuna etkisi (A) Uygulamasız örnek örnek; B) Ultrason etkili örnek



Şekil 8. Ultrasound destekli ekstraksiyon işlemi genel etkileri

2.1.10.1.3.4. Emülsifikasyon

Yüksek yoğunluklu akustik enerjinin ilk endüstriyel uygulamalardan biri emülsifikasyondur. Ultrasound uygulamasında, yüzey aktif maddeye ihtiyaç duymadan, kavitasyon kabarcığı, birbirine karışmayan iki ayrı sıvının fazlarına yakın bir yüzeyde patlaması ile meydana gelen şok dalgası iki fazın çok etkin bir şekilde emülsiyon oluşturasını sağlamaktadır (Canselier ve ark., 2002). Bir sıvı ultrasound ile muamele edildiğinde, uygulanan ses kaynağının basınç genliği belirli bir minimuma ulaştığında kavitasyon meydana gelir. Yağ/su sisteminde, kavitasyon eşiğine ulaşıldığında emülsiyonlaşma işlemi başlamaktadır. Ultrasound yeni ara yüz oluşumu için fazla enerji sağlayabilir; bu nedenle sürfaktanların (emülgatörler) yokluğunda bile emülsiyon elde etmek mümkündür (Gaikwad ve Pandit, 2008).

Laboratuvar ortamında ultrasound uygulamasının emülsifikasyon için uygun olduğu birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Ancak, mekanizmayı etkileyen temel parametreler hakkında araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Behrend ve ark., 2000). Emülsifikasyon süreci ile ilgili önceki çalışmalar ağırlıklı olarak deneysel veya deneysel ve teori kombinasyonu şeklinde kategorize edilebilir. Bunların önemli gözlemlerinden bazıları şöyle özetlenebilir:

1. Emülsifikasyon işleminin başlangıcı için minimum eşik yoğunluğu gereklidir.
2. Uygulama gücündeki artış emülsiyonun kalitesini (stabilitesini) artırır.
3. Uygulama zamanındaki artış, dağılmış faz damlacıkları boyutunu azaltır ve kesirli dağılmış faz tutma süresini artırır.
4. Emülsifikasyon işleminden sorumlu olan kuvvetler, hatta ultrasound uygulamasında aynıdır ve hidrodinamik süreç, Weber sayısı (bu damlacık üzerine etki eden dinamik kuvvetlerin yüzey gerilim kuvvetlerine oranıdır) şeklinde özetlenebilir. Ohnesorge sayısı (viskoz kuvvetin atalet ve yüzey gerilimi kuvvetlerinin geometrik ortalaması arasındaki oran olarak tanımlanır) sistemin fiziko-kimyasal özelliklerini açıklamaktadır (Gaikwad ve Pandit, 2008).

Ultrasound ile emülsifikasyon uygulamasının; kimya, tekstil, kozmetik, petrokimya, polimer ve ilaç endüstrisinde bazı meyve suları, süt ürünleri, tahin, mayonez ve ketçap gibi gıda endüstrisinde de kullanıldığı belirtilmiştir (Patil ve Gogate, 2018; Wu ve ark., 2000).

2.1.10.1.3.5. Çözülme / donma / kristalizasyon

Yüksek güçlü ultrasound teknolojisi, çeşitli yollarla kristalizasyon işlemine yardımcı olabilmektedir. Ultrasound teknolojisinin kristalizasyon prosesindeki kristal çekirdeklenmenin başlangıç aşamasında uygulanmaktadır. Ultrasound uygulamasının kristal oluşumuna etkisi, kristal büyümesinin hız kontrolünde, küçük ve istenen irilikteki kristal şeklinin muhafaza edilmesinde, yeni oluşan kristallerle yüzeyin kirlenmesini önlemekte ve eşit kristal oluşumunda önemlidir (Luque de Castro ve Priego-Capote, 2007; Patist ve Bates, 2008). Ultrasound işlemi kristalleştirme proseslerine (sonokristalizasyon) uygulanması, indüksiyon süresinin azaltılması ve metastabil bölge genişliğinin daralması, ürün boyutu, şekli ve polimorfik modifikasyon gibi pek çok etkisi bulunmaktadır. Buna ek olarak, ultrasound da bir kristalleşme sürecinde hali hazırda oluşan parçacıklarda ikincil etkiler oluşturabilir; örneğin kırma (sonografi) ve ikincil çekirdeklenme, yüzey/şekil değiştirme ve parçalanma. Sonokristalizasyon ve sonofragmentasyonun kesin mekanizmaları halen net olmamasına rağmen, çoğu etkinin, yüksek güçlü ultrasound dalgaları (20- 100kHz) sıvı bir ortamda gerçekleşir. Çöküş üzerine, kabarcıklar genel olarak yüksek ısı derecelerine (~5000K) ve basınçlara (~10kPa) neden olan yüksek miktarda enerji salma, yoğun şok dalgaları, arttırılmış karıştırma, parçacık çarpışmaları ve sıvı mikro jetler etkilidir (Xiouras ve ark., 2018).

Ultrasound uygulaması, sığır eti, domuz eti ve balıkların çözündürülmesine yardımcı olmak için 500 kHz ve 0.5 W / cm² civarında frekanslar ve yoğunluklar bulunan yüksek güçlü ultrasound kullanıldığında başarılı sonuçlar vermiştir. Ultrasound uygulaması, radyasyon ve mikrodalga fırın çözülmesinde karşılaştırıldığında problemler en aza indirgenmiş ve yaklaşık 2.5 saat içerisinde numuneler 7.6 cm derinliğe kadar çözülmüştür. Ultrason, soğuk yüzeyin ultrasonik darbeli hareket zamanını ölçerek jelatin, tavuk, somon, sığır eti ve yoğurtun soğutma işlemlerini izlemek için kullanılmıştır (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2011).

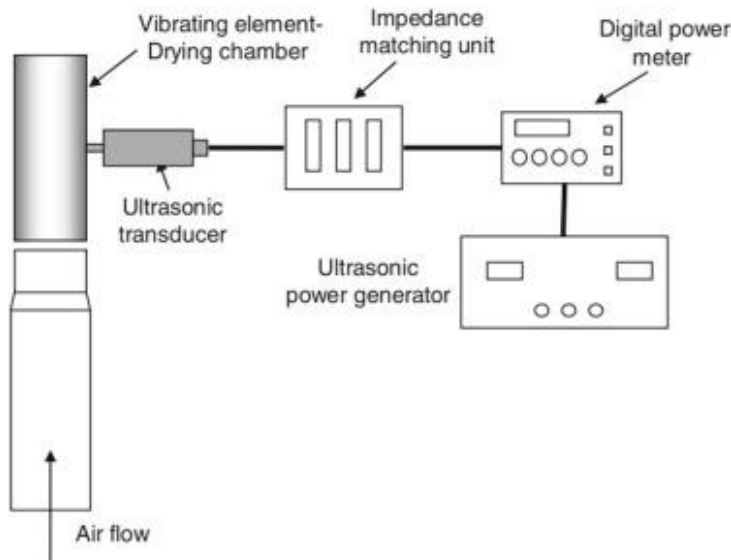
2.1.10.1.3.6. Filtrasyon

Filtrasyon ve görüntüleme prosesleri için ultrasound uygulaması, çeşitli yollarla prosese fayda sağlayabilmektedir. Ultrasound yardımcı filtrasyon (genellikle akustik filtrasyon olarak anılmakta), endüstriyel atık sularının filtrelenmesini arttırmak için başarıyla uygulanmaktadır (Chemat ve ark., 2011).

Süt ve süt ürünleri sektöründe filtrasyonların temizleme döngüleri sırasında kirlenmenin giderilmesi esas olarak sıvıda sağlanan kuvvetli karıştırmaya hem akustik akış hem de kavitasyon kabarcık çöküşünün neden olduğu mikromiksifikasyona bağlı olarak daha etkili olabilmektedir (Noci, 2017). Dahası, optimize edilmiş ultrasound yoğunluğu, filtrelerin hasar görmesini önlemek için çok önemlidir. Ultrason meyve özleri ve içeceklerin üretimine de uygulanabilmektedir. Elma posasının filtrasyonunda, konvansiyonel vakum filtrasyonu, nem içeriğinde % 85'lik bir başlangıç değerinden % 50'ye kadar bir azalma sağlarken, elektroakustik teknoloji ise % 38'e ulaştırmıştır (Chemat ve ark., 2011).

2.1.10.1.3.7. Kurutma

Uzun süredir akustik sonikasyon ile kurutma, araştırma konusu olmuştur. Ultrasound aracılığıyla kurutma işlemi, sistem sıcaklığı ve süresinin düşürülmesi ile ısıya karşı hassas olan gıdaların kurutulması daha etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Fan ve ark., 2017). Gıda ürünlerinin sıcak hava ile kurutulması gibi geleneksel yöntemler daha ekonomiktir. Fakat iç nemin azaltılması daha uzun zaman almaktadır. Üstelik yüksek sıcaklıklar, bazı durumlarda, yeniden suyla zenginleştirilen ürünün rengini, tadını ve besin değerini değiştirerek gıdaya zarar verebilmektedir. Ultrasound uygulaması kurutma uygulamalarının yaygınlaştırılmasını büyük oranda hızlandırmaktadır. Ultrasound yoğunluğuna bağlı olarak ısı transferi yaklaşık % 30-60 oranında artırmaktadır. Süt tozu, toz şekerde ve sebzelerde uygulamalara rastlanmaktadır (Chemat ve ark., 2011). Şekil 9'da ultrasound uygulamak üzere modifiye edilmiş konveksiyonlu kurutucu şeması gösterilmiştir (Cárcel ve ark., 2007).



Şekil 9. Havayla taşınan ultrasound kurutma sistemi şeması

Ultrasound yardımcı kurutma sistemleri yeni gelişmelerin ortaya çıkması ile akışkan yatak tipi kurutma sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasound ozmotik dehidrasyon teknolojisi daha yüksek su kaybında ve yüksek kazanç elde etmekte için düşük sıcaklıklarda kullanılabilir. Dehidrasyon sırasında düşük sıcaklık ve muamele ile gıdanın lezzet, renk ve beslenme değeri gibi nitelikleri değişmeden kalmaktadır. Kütle transferindeki artışlar peynirin ve etin kurumasının iyileştirilmesinde fayda sağlamaktadır. Ultrasound, çeşitli sebzelerin kurutulmasından önce bir ön-muamele olarak da kullanılmıştır. İşlem sonrasında konvansiyonel ve dondurularak kurutulma zamanlarında ve ayrıca rehidrasyon özelliklerinde bir azalma meydana getirmektedir (Chemat ve ark., 2011).

2.1.10.1.3.8. Köpük giderici

Köpük, içindeki gaz yoğunluğuna yaklaşan, yani tek tek kabarcıklar arasındaki mesafelerin çok küçük olduğu bir sıvı dağılımıdır. Köpükler, gıda üretimi ve kozmetik dahil olmak üzere çok çeşitli endüstriyel proseslerde uygulamaları bulunmaktadır. Teknolojik süreçlerin çoğunda yoğun köpürme, biyoteknolojik süreçlerin üretimi üzerinde negatif bir etkiye sahiptir ve biyoteknolojik işlemlerin verimliliğinde sorunlar ve çevre kirliliği yaratmaktadır. Gıda sektöründe, köpük geleneksel olarak mekanik kırıcıların kullanılmasıyla ya da kimyasal köpük önleyici madde eklenerek kontrol edilmiştir. Bununla birlikte, mekanik yöntemler yalnızca kaba köpükler için, kabarcıkları yok etmek için ısı streslerinde, yüzey geriliminde azalmada etkilidir. Köpük önleyici ajanlar ise mekanizması tamamen net değildir (Mason ve ark., 2005; Mawson ve ark., 2016; Morey ve ark., 1999).

Köpük giderme için ultrasound kullanımı gerçek endüstriyel uygulama olmadan son yıllarda bilinmektedir. Çeşitli aerodinamik akustik kaynaklara dayanıyorlardı, ancak bunlar gürültü üretimi, yüksek hava akışı, hava akışının sterilizasyonu ve yüksek enerji tüketimi de dahil olmak üzere birkaç dezavantajlara sahipti. Yüksek yoğunluklu ultrasound dalgaları cazip bir köpük kırma metodu olarak kullanılmaktadır. Yüksek hava akışı gereksinimini ortadan kaldırmakta, kimyasal kontaminasyonu önlemektedir. Gıda

ve ilaç endüstrilerinde implantasyon için özellikle uygundur. Son yeni sistemler yüksek hızlı şişeleme ve konserve hatları ile üretilen karbonik içeceklerde köpük fazlalığı kontrolünde başarıyla uygulanmıştır (Gallego-Juárez ve ark., 2015; Rodríguez ve ark., 2010).

2.1.10.1.3.9. Gaz giderme / hava giderici

Gazın giderilmesi için düşük sıcaklıklara sahip ultrasound teknolojisi kullanılmaktadır. Ultrasonik bir alanda gazın giderilmesi, genellikle örneğin bir ultrasonik temizleme banyosu, normal su ile birlikte kullanılır. Düşük frekanslı ultrasound alanlarında (20-50 kHz) üretilen birkaç akustik kavitasyon uygulanarak araştırmalar yapılmıştır. Gıda endüstrisinde bu teknik, şişeleme öncesinde bira gibi karbonatlı içeceklerin gazdan arındırılması için kullanılabilir. Gıda endüstrisinde bu teknik, şişeleme öncesi bira gibi karbonatlı içeceklerin gazını gidermek için kullanılmaktadır. Gazlı içeceklerin işlenmesinde amaç, ürünün bakteri ve oksijen tarafından organoleptik hasar görmesini önlemek için havanın sıvı yüzeyden uzaklaştırılmasıdır. Mekanik yöntemle karşılaştırıldığında kırılmış şişelerin sayısını ve içeceğin taşmasını azaltmaktadır. Sake, bira ve şarap fermantasyonu sırasında nispeten düşük yoğunluklu ultrasound uygulaması% 36-50 oranında bir azalma ile meydana getirmiştir. Ancak ultrasound uygulaması genel viskozitesi yüksek gıdalarda uygulanması sıvı gıdalara göre daha zordur (Chemat ve ark., 2011; Eskin, 2015). Termosonik portakal suyunda askorbik asidin düşük degradasyonu ultrasound ile meyve suyunun gazdan arındırılmasıyla ilişkilendirilmiş. Bu gaz giderme etkisi, meyve suyundaki çözünmüş oksijen seviyesini düşürebileceği ve bu nedenle depolama sırasında askorbik asitin oksidatif bozulmasını azaltabilmektedir (Zenker ve ark., 2003).

2.1.10.1.3.10. Pişirme

Geleneksel bir pişirme yönteminde, gıdalar yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında, dış kısım iyi pişmekte ve iç kısımlarda sorunlar oluşmaktadır. Böyle üründe kalite kayıplarına neden olmaktadır. Ultrasound, bu gibi problemlerden kaçınmak için gerekli ısı transferini sağlayarak bu sorunları ortadan kaldırabilmektedir. Bir patent çalışmasında iddia ettikleri, kızartma yağının içine ultasound uygulayarak daha az enerji tüketimli ve

kaliteli bir pişime kabı tanımlanmıştır. Geleneksel et pişime tekniği ile ultrasound uygulamasının karşılaştırıldığı çalışmada, ultrasound pişirme, yemek pişirme hızı yüksek, nem tutma ve enerji verimliliği iyi olduğunu söylemişlerdir. Duyusal panelistler tarafından daha beğenilmiştir. Etin yumuşak olmasını ultrasound uygulamasının etin su bağlama kapasitesini arttırdığını düşünmektedirler (Chemat ve ark., 2011).

2.1.10.1.3.11. Kalıptan çıkarma

Genellikle, gıdaların endüstriyel olarak pişirilmesi, ürünlerin pişirme kabına yapışmasına yol açar veya başka işlemlerde kalıptan ayrılması gerekir. Kolayca söküldüğünde kabın temizlenmesi ve geri dönüşümü daha kolaylaşır. Pişirmeden kaynaklanan ürün / kalıp yapışması nedeniyle pişmiş ürünü kalıptan çıkarmak zordur. Kalıplanmış gıda ürünlerinin endüstriyel olarak işlenmesindeki bu zorlukları gidermek için, kalıplar ince bir silikondan veya PTFE'den (politetrafluoroetilen) yapılmış bir yüzey kaplaması veya beyaz bir gres kaplaması ile imal edilir. Bununla birlikte, periyodik olarak kalıp kaplamasının değiştirilmesi gereklidir. Çünkü tabakasının raf ömrü nispeten kısadır. Bu gibi işlemler pahalıdır, temizleme sıklığı zordur ve bu aksaklıklar üretim hattını kesintiye uğratır. Günümüzde bu sorunu çözmek için, ürünleri kaldırmak için titreşimi elemek gibi mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Bu geleneksel yöntemlere alternatif bir çözüm, kalıp bir ultrasound kaynağına bağlanarak gıda ürünlerini kalıplardan serbest bırakmaktır. Gıda ürünlerinin kalıptan çıkartılması için kullanılan kalıp ve bunun içerdiği ürünün temas yüzeyleri arasındaki yüksek frekanslı harekete bağlı olarak kalıpta bulunan ürünün uzaklaştırılmasını arttırır. Bu teknik, yüzey kaplamalarının ortadan kaldırılmasını ve kalıptaki artık malzemelerin otomatik olarak temizlenmesini sağlar (Chemat ve ark., 2011).

2.1.10.1.3.12. Et yumuşatma (tenderizasyon)

Etin kalitesi aroma, lezzet, görünüm, yumuşaklık ve sululuğuna bağlıdır. Tüketici davranışları, tenderizasyonun et kalitesini belirlemede en önemli lezzet faktörü olduğunu göstermiştir. Etin tenderizasyonu için kullanılan geleneksel yöntem, daha düşük kalitede eti daha lezzetli hale getiren mekanik vurma yöntemidir. Güçlü ultrasound da bu işlem için yararlı olduğu bulunmuştur. Ultrason iki şekilde kullanılabilir: kas hücrelerinin bütünlüğünü bozarak veya enzimatik reaksiyonları arttırarak, diğer bir deyişle bir biyokimyasal etki yoluyla olmaktadır. Sığır filetosu uygulanan bir pilot çalışmada, sığır

kasının 2 W.cm^{-2} 'de 40 kHz'de 2 saat süreyle sonike edilmesinin, perimisyal bağ dokusunda hasar oluşturduğunu ve böylece yeme tekstürünü iyileştirdiğini göstermiştir. Ultrasonik tenderizasyon, kanatlı eti, dana eti ve sığır eti ile başarılı bir şekilde kullanılabilir. Yüksek enerjili ultrasound kullanılarak geleneksel ısı işleminin %50 oranında azaltılması mümkün olmuştur (Charoux ve ark., 2017; Chemat ve ark., 2011). Ultrasound uygulamasının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü özellikleri ile birlikte kullanıldığında yöntemin etkinliğinin artırılacağı düşünülmektedir (Jayasooriya ve ark., 2004).

2.1.10.1.3.13. Kesme

Gıda endüstrisinde kesme, yarı katı veya yumuşak katı malzemeleri ayırmak için kullanılmaktadır. Jet kesme veya lazerle kesme hariç, ayırma kuvveti mekanik bir aletle, genellikle bir bıçakla veya belirli bir şeklin bıçağıyla ürün arasındaki hareketle üretilir. Ayırma aleti, malzemeyi çıkarmak veya çıkarmaksızın önceden belirlenmiş bir hızda malzeme içerisine sürekli nüfuz eder ve iki kesik yüz oluşturur. Kesme işlemini, bıçak veya bıçakla yapılan diğer ayırma yöntemlerinden (örneğin, yarma veya oyma) ayıran ortak bir özelliktir. Yani, ürünün aletin iki tarafıyla neredeyse tamamen temas halinde olmasıdır. Bıçakların hareketine dayanan kesme değirmenleri veya öğütücülerin aksine, kesim genellikle önceden tanımlanmış boyut ve geometriye göre ürün bölünmelerine neden olur. Bununla birlikte, ürünlerin boyutu ve şekli et ya da peynir jantlarını ayırırken büyük parçalar başlayarak önemli ölçüde değişebilir; dilimlerin veya dilimlerin üretilmesi için daha hareketli yönler sahip daha karmaşık bıçak takımları veya bıçak sistemleri kullanılabilir. Aletin geometrik özellikleri (kama açısı, bıçak kalınlığı, deplasman hacmi ve kenar netliği) haricinde, uygulanan kuvvetin yönü ile birlikte kesme hızı, bir kesme sisteminin verimliliği ve sonuçta meydana gelen kuvvetin büyüklüğü, kesme kuvveti uygulanacak ürünün özelliklerine bağlıdır. Dolayısıyla, geleneksel bıçaklar veya bıçaklar uygun olduğunda testere veya tel sistemleri ile değiştirilebilir (Chemat ve ark., 2011; Schneider ve ark., 2011).

Ultrasonik kesme, kesici takımın spesifik hareket özellikleriyle geleneksel kesime göre ayırt edilebilir, çünkü cihazın konvansiyonel hareketi ultrasonik titreşim ile süper konumlandırılmıştır. Genellikle, ultrasonik kesme sistemleri, ultrasonik titreşimi ayırma bölgesine üreten ve yayan bir zincir unsurundan oluşur. Jeneratör, istenen ultrasonik frekansla, genellikle 20-50 kHz aralığında, alternatif akım gerilimi sağlar. Bu elektrik

salınımı, bir piezo-elektrik dönüştürücü (dönüştürücü) vasıtasıyla ilgili frekansın alternatif mekanik yer değiştirmesine dönüştürür. Bir amplifikatör mekanik titreşimi sağlam köklü bir ses dalgası olarak sonotroda isterse de amplitüd veya amplitüden sonra iletir. Sonotrode mekanik bir rezonatör görevi görür ve titreşim eksenini boyunca uzunlamasına olarak titreşir. Sonotrod, kesici uçta maksimum amplitüd gerektiren veya bağımsız bir kesici bıçak için bir birleştirme ünitesi görevi görebilecek kesici takım gibi davranabilmektedir. Kararlı performans sağlamak için tüm titreşim sistemi sabit bir çalışma frekansına ayarlanmaktadır (Schneider ve ark., 2011).

Gıda ürünlerinin kesiminde ultrasound kullanılması, genel gıda işleme performansını geliştirmiştir. Ultrasonik gıda kesme ekipmanları, üretimi kolaylaştıran, ürün atıklarını en aza indiren ve bakım maliyetlerini düşürerek, çeşitli gıda ürünlerini kesmek veya dilimlemek için yeni bir imkan sağlamıştır. Ultrasonik kesme, bir mil vasıtasıyla bir ultrasonik kaynağa bağlanmış bir bıçak yardımıyla gerçekleştirilir. Kesici aletin kendisi birçok şekle sahip olabilir ve her şekil, tüm ultrasonik rezonatör cihazın bir parçası olan bir kabul edilmektedir. Testere ve bıçak kullanımı ile yüksek hızlı su püskürtmeli kesme işlemi ultrasonik titreşimin üst üste bindirilmesi ile geleneksel yöntemlere doğrudan bir rakip olarak düşünülmektedir. Ultrasonik kesim, gıda sektörüne düşük enerji gereksinimleri sunmuştur. Ultrasonik kesme özellikleri türüne ve durumuna göre değişmektedir (örneğin, dondurulmuş veya çözölmüş yiyecekler) (Chemat ve ark., 2011). Ultrasonik uyarımın kesme kuvvetini önemli ölçüde düşürdüğünü, kesme kuvveti azalmasının büyüklüğünün ürüne bağlı olduğunu ve kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetinin ve kesme işinin arttığını göstermektedir (Arnold ve ark., 2011). Ultrasonun en yaygın uygulama alanları kırılabilir gıda maddelerinin kesilmesidir. Kırılabilir ve heterojen ürünlerin (kek, pasta ve unlu mamül ürünleri) ve yağlı (peynirli) veya yapışkan ürünlerde bazen kullanılmaktadır. Bu tekniğin diğer bir özelliği, titreşimin, ürünün bıçak üzerine yapışmasını engellediği ve böylece yüzeydeki mikro organizmaların gelişimini engellemektedir. Böylece, ultrasonik titreşimlerin bıçağın "otomatik temizlenmesi" ni sağlamaktadırlar. Kesimin doğruluğu ve tekrarlanması, kesime göre kayıplarda bir azalma (çatlaklar, kırıntılar vb.) ve ürünlerin ağırlığının ve boyutlarının daha iyi standardize edilmesine fayda sağlamaktadır (Chemat ve ark., 2011).

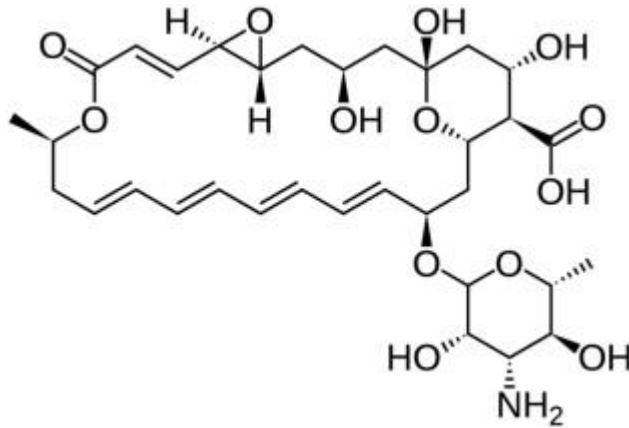
2.1.10.1.3.14. Salamura, turşulama ve marinasyon

Turşulama ve marine etme çok çeşitli sebze ve et ürünlerinde kullanılır. Çoğu şu anki turşu ile fermentasyon işlemleri üç ana dezavantaja sahiptir: Asitleme-fermantasyon işlemleri üç ana dezavantaja tabidir: (1) Salamurada, çok yüksek bir sodyum klorür içeriği gereklidir; (2) fermentasyonun doğal oluşumuna bağlı olarak kontrol eksikliği vardır; (3) herhangi bir emme işlemi enzimatik yumuşama, yapısal hasar ve şişkinliğe yol açabilir. Bu üç yan etkinin hepsi hızlı ve etkin bir gıda koruma için negatif bir durum oluşturmaktadır. Bu nedenle alternatif teknolojiler gıda üreticileri için önemlidir. Akustik kavitasyon sayesinde salamura işlemlerinde kütle transferi daha kolaylaştırılmaktadır. Ultrasound, ürünlerin asitleme süresinin önemli ölçüde azaltılmasına ve gevrek dokuların oluşmasına fayda sağlamaktadır. Aynı zamanda, halihazırda piyasada bulunan turşularla karşılaştırıldığında düşük bir sodyum klorür seviyesine sahip bir turşu imalatı için bir yöntem olanağı sunmaktadır (Chemat ve ark., 2011; Tao ve Sun, 2015).

Ultrasound uygulamasının çeşitli fiziksel ve kimyasal etkileri sebebiyle öncelikle hücrelerin membranlarının sürekliliğini bozarak etin tuzlanması/kürlenmesi sırasında kütle aktarım hızlarını arttırmaktadır (Ozuna ve ark., 2015). Peynir endüstrisinde, ultrasound uygulamasının, peynir salamurası sırasında kütle aktarımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çoğu peynir çeşidi, tuzlu suyla daldırılarak tuzlanır. Statik veya dinamik koşullar altında gerçekleştirilen salamuraya kıyasla ultrasound uygulandığında su giderme ve sodyum klorür kazancı oranı arttığı, bu da ultrasound uygulamasının hem dış hem de iç kütle transferini geliştirdiğini düşündürmüştür (Sánchez ve ark., 1999) .

2.2. Natamisin

Natamisin, ilk olarak 1955 yılında *Streptomyces natalensis* (Güney Afrika, Natal'dan alınan toprak örneklerinde bulunan) kültüründen izole edilmiştir. Natamisin doğal *Streptomyces natalensis* suşları veya *Streptococcus lactis* tarafından üretilen polienamakrolid grubunun bir fungisididir. Aerobik fermentasyon yoluyla üretilmektedir. Aynı zamanda pimarisin olarak isimlendirilmektedir. Natamisin moleküler ağırlığı 665,7 Dalton olan bir tetraen polien makrolididir. Tam kimyasal isim 22- (3-amino-3,6-dideoksi-bD-manno pyranosol) okso-1,3,26 trihidroksi-12-metil-10-okso-6,11,28-trioksitrat [22.3. 1.05.7] okto-8,14,16,18,20-pentanen-25-karboksilik asit. Ampirik formül $C_{33}H_{47}NO_{13}$ 'tür. Şekil 10'da natamisin antifungalının kimyasal yapısı gösterilmektedir (Delves-Broughton ve ark., 2005; Reys ve ark., 2002).



Şekil 10. Natamisin antifungalı kimyasal yapısı

Natamisin, 1982'de Birleşik Devletler'de kalıp büyümesini önlemek için peynirde kullanılmak üzere, bitmiş üründe maksimum 20 mg/l konsantrasyonlar ile onaylanmıştır (Davidson ve ark., 2015). Natamisin, Avrupa Birliği Bilimsel Gıda Komitesi' nin gıda katkı maddeleri ile ilgili yönetmeliğinde, sert, yarı-sert, yarı yumuşak peynirlerin yüzeyinde koruyucu bir antifungal olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 1995). Gıda Katkı Maddeleri ve Besin Maddeleri Besin Maddeleri üzerine yapılan EFSA panelinde, natamisin'in çok az emildiği göz önüne alındığında kullanımını mevcut uygulamalarda yeterli güvenlik sınırı içerisinde herhangi bir endişe yaratacak bir durum olmadığı kanısında varmışlardır (EFSA, 2009). Natamisin, FDA tarafından bir GRAS ürünü olarak kabul edilmiştir (Koontz ve ark., 2003). 40'dan fazla ülkede gıda katkı maddesi olarak onaylanmıştır (Ollé Resa ve ark., 2016). Saf olarak üretilen natamisin, renksiz, kokusuz ve tatsızdır fakat endüstriyel olarak üretilen natamisin ise kremi beyaz renktedir. Suda az çözünme özelliğinden dolayı genel olarak gıdaların yüzeyinde uygulanarak kullanımı mevcuttur. Natamisin üzerinde genel olarak etki eden faktörler: pH değeri, su aktivitesi, ışık, sıcaklık atmosfer, ürünün başlangıç mikrobiyal yükü, mikrobiyal floranın tipi, oksidanlar, ağır metaller, gıda bileşenleri ve kullanım şekli, oksidanlar ve ağır metallerdir (Şahan ve ark., 2004; Stark, 2003; Thomas ve J. Delves-Broughton, 2001). Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği göre günümüzde meyve sularında koruyu kullanımı yasaktır.

Etki göstermesinde, peynirin içine nüfuz etmeyerek organoleptik özellikleri ve doğal mikroflorası üzerinde olumsuz etkide bulunmaması nedeniyle uzun yıllardır gıda

sanayisinde kullanılmaktadır (Yusuf, 2014). Natamisin, yoğurt gibi yarı katı yiyeceklerin üretiminde örnek bir biyolojik önleyici olarak önerilmiştir (Dalhoff ve Levy, 2015).

AB gıda katkı listesinde E-235 numarası ile tescillidir. Gıda katkı maddeleri ile ilgili Yönetmelik 1333/2008 / EC'ye göre, natamisin yalnızca bazı peynirler ve kuru sucuk ürünleri için, yüzeyin dışındaki 5 mm'de en fazla 1 mg/dm² bir yüzey koruyucu olarak onaylanmış olup, 20 mg / kg. Natamisin, maya ve küflere karşı etkilidir ancak bakteri, virüs ve protozoaya karşı etkinliği yoktur. Mayalardaki gibi tek hücreli ökaryotik organizmalarda, ergosterol plazma membranlarında yaklaşık % 10-30 (mol/ mol) konsantrasyonda bulunan ana steroldür. Serbest ergosterol plazma zarında bulunur ve hücre bütünlüğünden sorumludur. Mikroorganizmaların stres koşullarına karşı koyma kabiliyeti, ergosterol içeriği ile korelasyon gösterir. Etki mekanizması küflerde hücre zarı içerisindeki sterollere (esas olarak ergosterol) bağlanır ve bakteriler membranlarında sterollerden yoksun oldukları için natamisin'e duyarsızdırlar (Abessinio, 2014; Balaguer ve ark., 2014; Ollé Resa ve ark., 2016).

2.3. Literatür

Böcek hasarı görmüş buğdaylarda proteolitik enzimlerin inaktivasyonu çalışmasında farklı zaman periyotlarında ve farklı darbelerde ultrasound uygulanmış. Ultrasound süresinin uzamasına bağlı olarak, numunelerin yaş ve kuru gluten içeriğinde modifiye sedimentasyon değerlerinde belirgin bir artış tespit etmişler. Proteolitik aktiviteyi azaltmak için istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğunu ve buğdayın kalite parametrelerini etkilemediğini tespit etmişlerdir (Durak ve ark., 2016).

Yapılan bir araştırmada, farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80 °C) ve sürede (1, 3 ve 5 dakika) termosound uygulamasının ayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve depolama sırasında ayranın duyusal özellikleri araştırılmış. 60 ° C'de uygulanan termosound, bakteri sayılarını azaltmakla birlikte, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* sayıları sıcaklık ve zaman arttıkça azaldığını tespit etmişlerdir. Duyusal özelliklerinin ısı işlem görmüş örneklerden daha iyi olduğu kanısına varmışlardır (Erkaya ve ark., 2015).

Staphylococcus aureus, *Pseudomonas fluorescens*, *Listeria monocytogenes* ve *E. coli*'nin inaktivasyonu, su ve fosfat tamponlarında olduğu gibi UHT sütü gibi gıdalarda da etkili olduğu tespit edilmiştir (Burleson ve ark., 1975; Cameron ve ark., 2009; Ordoñez

ve ark., 1987). Çiğ süt içerisinde *Listeria innocua* ve mezofilik bakterilerin inaktivasyonunu incelemek için yapılan çalışmada, termosonike süt geleneksel pastörize süt ile karşılaştırıldığında daha iyi renk ve benzeri fizikokimyasal özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2009).

Endüstriyel sistem kullanarak yapılan çalışmada, portakal suyuna 500 kHz'lik frekansta ve 250 W gücünde 15 dakikalık bir uygulamadan sonra toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında 1,08 log (kob/ml) kadar bir azalma meydana gelirken, maya ve küf sayımında önemli bir azalma tespit etmişlerdir (Valero ve ark., 2007).

S. aureus'un inaktivasyonunda geleneksel pastörizasyonun (HTST, 94 °C'de 26 saniye) kontrol olarak kullanıldığı ve PEF (150 µs için 40 kV/cm) ile birlikte uygulanan TS (10 dakika, 55 °C'de) çalışmada benzer bir etki görülmüştür. TS/PEF, pH, iletkenlik ve Brix'i etkilemediği ve meyve suyu renginde termal işleme göre hafif bir etkiye sahip olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca, enzimatik olmayan kahverengileştirme indeksi HTST'ye göre anlamlı olarak etki göstermiştir ($p < 0.05$) (Walkling-Ribeiro ve ark., 2009b). TS ve (PEF) portakal suyunun raf ömrü ve duyusal özellikleri, (TS / PEF) kombinasyonu ile muameleden sonra tüm duyumsal özellikler, TS/PEF ve HTST ile işleme tabi tutulmuş meyve suyu için eşit olarak derecelendirmişlerdir ($p \geq 0.05$). Raf ömrü çalışması sırasında TS/PEF'in seçilen fiziksel özelliklere (pH, °Brix ve iletkenlik), mikrobiyolojik aktiviteye ve renk kararlılığına etkisi, işlemiden hemen sonra ve 168 güne kadar 25 °C'lik depolamadan sonrasında sonuçların umut verici olduğunu fakat optimizasyon çalışmalarının devam etmesi kararını vermişlerdir (Walkling-Ribeiro ve ark., 2009a).

Yaban mersini meyve suyuna ultrasound işleminin mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklere olan etkisini incelendiği bir çalışmada ultrasound işleminin, yüksek yoğunluklarda mikrobiyal yükü önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Toplam aerobdaki en yüksek log azalması (1,36 log), yüksek yoğunluklu (100 amplitüd) sonikasyon ve yüksek akış hızında (93,5 dak/mL) kontrol suyu örnekleriyle karşılaştırıldığında elde edilmiştir. Ultrasound işleminin, antosiyaninleri ve yaban mersini suyunun rengini koruduğu tespit edilmiştir (Mohideen ve ark., 2015).

Sütün pastörizasyonundan sağ kalabilen ve ürünlerin bozulmasına neden olan termodürik sporeformatörler (*Bacillus coagulans*, *Anoxybacillus flavithermus*, *Bacillus sporothermodurans* ve *Bacillus licheniformis* ve *Geobacillus stearothermophilus*) inaktivasyonu çalışmasında, ultrasonikatör kullanmışlardır. Ultrasound, sütün pH, renk

ve alkalın fosfataz aktivitesi üzerine etkisi de araştırmışlardır. 10 dakika süreyle % 80 amplitüdde ultrasonikasyon, sırasıyla, yağsız sütteki *B. coagulans* ve *A. flavithermus*'un vejetatif hücrelerini sırasıyla 4,53 log ve 4,26 log azalma meydana gelmiştir. Pastörizasyonun (63 °C /30 dakika) kombine bir muamele ile yağsız sütteki yaklaşık 6 kob/mL bakterileri tamamen ortadan kaldırmıştır. Taramalı elektron mikroskopu altında incelediklerinde ultrasound, fiziksel olarak sporeformatörleri parçaladıklarını gözlemlemişlerdir. Ultrasound, sütün parlaklığı ve a değerinde belirgin bir azalmaya neden olduğu fakat buna karşın b değerinin arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte, işlenmiş yağsız sütün pH ve alkalın fosfataz aktivitesi etkilenmediğini tespit etmişlerdir ($p > 0.05$) (Khanal ve ark., 2014b).

Yapılan bir çalışmada, çığ pirinçte *Bacillus cereus* sporlarının azaltılmasında etkinliği açısından sodyum hipoklorit (NaOCl) ve ultrasound (US) kombinasyonu ile iyonlaştırıcı radyasyon etkisini incelemişlerdir. *B. cereus* sporunun konsantrasyonu yaklaşık 2,9 log iken 0,1, 0,2 ve 0,3 kGy radyasyon muamelesinden sonra spor popülasyonları sırasıyla 1,3, 1,4 ve 1,6 log oranında azalma tespit etmişleridir. Birleşik gama ışınlaması ve NaOCl/US uygulanması durumunda, azalma bütün tekli uygulamalardan daha yüksek tespit edilmiştir. 0,1, 0,2 ve 0,3 kGy ve NaOCl (600-1000 ppm)/ultrasound (5-20 dakika) kombine muamelesi, çığ pirinçteki sporları tamamen yok etmiştir. Bu sonuçlar, çığ pirinç gibi gıda maddelerinde *B. cereus* sporlarını yok etmek için, NaOCl'yi düşük doz gama ışınlaması ile yüksek doz (konsantrasyon) bireysel dezenfeksiyon işleminden daha etkili etkili olabileceğini belirmişlerdir (Ha ve ark., 2012).

Düşük frekanslı (20 kHz) ve yüksek frekanslı (850 kHz) ultrasound kullanılarak, yağsız sütte *Enterobacter aerogenes* inaktivasyonu araştırılmıştır. Düşük frekanslı akustik kavitasyonun *E. aerogenes*'e ölümcül zarar vermesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma aynı zamanda yüksek frekanslı ultrasound işleminin yağsız sütün viskozite ve partikül boyutu üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını, düşük frekanslı ultrasound işleminde sütteki viskozite ve parçacık boyutunda bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir (Gao ve ark., 2014b).

Yapılan bir çalışmada, üçlü tür bakteri, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus epidermidis* ve *Aureobasidium pullulans* mayasının kontrollü sıcaklık koşulları altında farklı büyüme evrelerinde inaktive etmek için yüksek frekanslı

ultrasound kullanılmış. Yüksek frekanslı ultrasound bakterilerin hem üstel hem de sabit büyüme evrelerinde inaktive edilmesinde oldukça etkili olduğu ve % 99'dan daha fazla inaktivasyon oranının elde edildiği tespit edilmiştir. TEM gözleminde, bakteri inaktivasyon mekanizmasının esas olarak, serbest radikaller ve H_2O_2 üretilen akustik kavitasyona bağlı olduğu ileri sürülmüştür. Çalışma, çubuk şekilli bakteri *B. subtilis*'in de akustik kavitasyonun mekanik etkilerine duyarlı olduğunu. Ses dalgaları kavitasyonu sırasında üretilen H_2O_2 'nin varlığı nedeniyle ultrasound işleminin durdurulmasından sonra bile inaktivasyon işleminin devam ettiğini, bakterilere kıyasla, maya *A. pullulans*'ın yüksek frekanslı ultrasound uygulamasında daha dirençli olduğu tespit edilmiştir (Gao ve ark., 2014a) .

Yapılan çalışmada, yüksek yoğunluklu ve düşük frekanslı (20 kHz) ultrasound muamelesinin bakteri süspansiyonunu (*Staphylococcus pseudintermedius*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus epidermidis*, *S. epidermidis SK* ve *Bacillus subtilis*) canlılığı üzerine etkileri incelenmiştir. Bakteri süspansiyonunun hayatta kalma oranı, 20 dakikalık bir sabit sound süresi için ultrasound kuvvetinin (13 W'a kadar) bir fonksiyonu olarak tespit edilmiştir. Ultrasound uygulaması, *E. aerogenes* ve *B. subtilis*'e (4.5 log azalmasına kadar) ölümcül zarar verirken, *Staphylococcus spp.* etkilenmemiştir. Ayrıca, *E. aerogenes* süspansiyonları üstel büyüme fazına, sabit fazda olduğundan daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarında, ultrasound deaktivasyona bakteri direncinin ana sebebinin bakteri kapsülünün özelliklerinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Daha kalın ve "yumuşak" bir kapsüle sahip patojenler ultrasound deaktivasyon işlemine son derece dayanıklı olduğu kanısına varmışlardır (Gao ve ark., 2014a).

Elma sirkesinde *Escherichia coli K12* patojeni inaktivasyonunda alternatif pastörizasyon muamelesi olarak ısı ve düşük basınç ile ultrasound uygulaması yapılmıştır. *Escherichia coli K12* hücreleri, MTS (monotermosonikasyon) (400 kPa / 59 °C), termosonikasyon (TS) (100 kPa / 59 °C) ve monosonikasyon (MS) (400 kPa / 55 °C) 4 dakika. MTS ile 1,4 dakika, TS ile 3,8 dakika ve MS ile 2.5 dakika içinde 5 log azalma sağlamışlardır. Kalite analizleri elma sirkesi (kontrol), termal pastörize (TP) ve MTS, TS ve MS ile işleme tabi tutulan elma suyu örnekleri ile 3 hafta süreyle soğutma sıcaklığında gerçekleştirilmiş. Titrasyon asitliği ve pH, numunelerin hiçbirinde farklı çıkmamıştır. Depolama sırasındaki kontrolün bulanıklık değeri en yüksek iken bunu sırasıyla TP, TS, MTS ve MS izlemiştir. TP örneğinin tüm renk parametreleri diğer

uygulamalardan belirgin olarak farklı çıkarken kontrol ve sonike numuneler, depolama sırasında benzer renk parametrelerini gösterdiğini tespit etmişlerdir (Lee ve ark., 2013).

Sütte toplam ve koliform bakterilerin inaktivasyonu üzerine fotosonikasyon uygulamasının etkisinin araştırıldığı çalışmada fotosonikasyon 13.2 W cm^{-2} UV ışığının eşlik ettiği % 100 (120 μm ; 240 W) amplitüdünde gerçekleştirmişlerdir. Sonikasyon, UV ışığı olmadan % 100 genlikte gerçekleştirilmiştir. Bir ultrasonik işlemci (22 mm çaplı prob ile 400 W ve 24 kHz) ve 3 ultraviyole lambası (lamba başına $4400 \mu\text{W cm}^{-2}$) kullanılmıştır. Maruz kalma süresi tüm muamele için 15 dakika ve numuneler 0, 3, 6, 9, 12 ve 15 dakika sonra alınmıştır. Isıl işlem (sırasıyla 65°C 'de) toplam ve koliform bakteriler için sırasıyla 3,29 log ve 5,31 log azalması sağlamışlardır. Fotosonikasyonda ise sırasıyla, sırasıyla 1,31 log kob/mL ve 4,01 log kob/mL olarak tespit etmişlerdir (Şengül ve ark., 2011).

Yüksek basınç ile ön işleme tabi tutulmuş portakal suyunda *A. acidoterrestris* sporlarının termosonikasyon inaktivasyonunun araştırıldığı çalışmada, 78°C 'de tek başına ısıl işlem, neredeyse hiç spor inaktivasyonu sağlamazken, ısı şoku + ultrasound öncesi portakal suyunun muamele edilmesi sporların termal inaktivasyonunu arttırmıştır (D 85 $^\circ \text{C}$ değeri 69'dan 29 dakikaya düşmüştür). Sonuç olarak, HPP yardımcı TS, ısıya ek olarak yüksek basınç ve ultrasound teknolojisinin spor inaktivasyonu için en iyi yöntemi olduğunu ifade etmişlerdir. TS, aynı spor inaktivasyonunu sağlamak için meyve suyunun kalitesini ve enerji tasarrufunu artıracak termal işlemlere kıyasla en az 8°C daha düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir (Evelyn ve Silva, 2016).

Yapılan bir çalışmada, marulda *Cronobacter sakazakii* KCTC 2949'un inaktivasyonunda kombine ultrasound (5-100 dakika için 37 kHz, 380 W) ve sodyum hipoklorit (NaOCl) (50-200 ppm) arasındaki sinerjik etkilerini araştırmışlar. *C. sakazakii*'yi inaktive etmek için ultrasound işlemini yeterli bulmamışlar (0,01-0,58 log azalması), NaOCl ise *C. sakazakii*'yi (0,58-2,77 log azalma) önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir ($p < 0.05$). Maruldaki azalmanın en yüksek sinerjistik değeri, 100 dakika ultrasound ve 200 ppm NaOCl kombinasyonu ile işlendiğinde 1,08 log meydana gelmiştir. Üstelik 5-100 dakikalık ultrasound ve 50-200 ppm NaOCl ile kombine işlemden sonraki pH ve $^\circ \text{Brix}$ değerlerinde önemli bir farklılık olmadığını tespit etmişlerdir (Park ve ark., 2016).

Yağsız süt ve sığır eti hamurun işlenmesine karşı termosonikasyon uygulamasında psikrotrofik *Bacillus cereus* sporlarının inaktivasyon kinetiğinin modellenmesi çalışmasında, yağsız sütteki D 70 °C değerleri, TS için 2.9 dakika ve termal işleme için 8,6 dakika olarak bulmuşlardır. Sığır eti hamurunda, TS için 0.4 dakika ve termal için 2,3 dakika değerleri tespit etmişlerdir. Log-lojistik modelin, sığır eti hamurundaki TS spor inaktivasyonunu daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir. Ultrasound teknolojisi, aynı spor inaktivasyonu için 20-30 °C daha düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyulması daha kalite gıda ve enerji tasarrufu kazancı sağlayacağı kanısına varmışlardır (Evelyn ve Silva, 2015).

Taze hazır gıdalarda (marul ve çilek) mikroorganizmaların (*Salmonella Enteritidis*, *Listeria innocua*, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*) inaktivasyonu, için UV ve ultrasound uygulamasının etkilerine bakılmıştır. Marulun UV ile muamele edilmesi *S. Enteritidis*, *L. innocua*, *E. coli*, ve *S. aureus* popülasyonunu sırasıyla 1.39, 1.27, 1.75 ve 1.21 log azalma meydana gelirken, US ile *E. coli* ve *S. Enteritidis*'in 2 log daha fazla azaltılmasını sağlamışlardır. Çileklerde, UV muamelesinde bakterilerde sadece 1-1,4 log azalma tespit etmişlerdir. US ile muameleden sonra çileklerde gözlenen mikroorganizmaların azami azalması sırasıyla *S. Enteritidis*, *S. aureus*, *E. coli*, ve *L. innocua* için sırasıyla 5,52, 2,41, 3,04 ve 6,12 log olarak tespit edilmiştir. UV ve US ile muamele, maruz kalma süresinin (45 dakikaya kadar) belirgin olarak marul veya çilek rengini değiştirmediğini tespit etmişlerdir ($p > 0.05$). Taze ürün endüstrisi için klor ve hidrojen peroksit solüsyonları gibi diğer geleneksel ve yaygın kullanılan teknolojilere iyi alternatif olabileceği kanısına varmışlardır (Birmpa ve ark., 2013).

Yağsız sütte 3 bakteri türündeki (*Bacillus licheniformis*, *Bacillus coagulans* ve *Geobacillus stearothermophilus*) endosporların inaktivasyonu için yüksek yoğunluklu ultrasound uygulaması yapılmıştır. Ultrasound işleminin 1 ila 10 dakika arasında bir sürede artmasının, 3 türün endosporlarının inaktivasyonunu önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. *G. stearothermophilus* endosporlarının yaklaşık % 48.96'sı tek başına ultrasound ile inaktive edilirken, ultrasound ve pastörizasyon kombine edilerek inaktivasyon %65,74'e yükselmiştir. Endosporların inaktivasyonu, ultrasound ve daha yüksek ısı (80 °C/1 dk) kombinasyonu ile % 75,32'ye daha da yükseltilmiştir. *B. licheniformis* ve *B. coagulans* endosporları, *G. stearothermophilus* sporlarına kıyasla daha az etkisiz getirildiğini belirlemişlerdir (Khanal ve ark., 2014a).

Elma suyuna *Escherichia coli* inaktivasyonu üzerindeki etkilerini incelemek için atımlı ışıık (PL) ve termosonikasyon (TS) tek başına veya sürekli bir sistem kullanılarak kombinasyon halinde uygulanmışlardır. Seçilen kalite özellikleri (pH, °Brix, renk (L, a, b, ΔE), enzimatik olmayan esmerleşme ve antioksidan aktivite (TEAC)) de işlem öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. İki PL (360 μs, 3 Hz) uygulaması ve meyve suyu 51,5 J/mL ve 65,4 J/mL'ye karşılık gelen 4,03 J/cm² (düşük (L)) ve 5,1 J/cm² ('yüksek' (H)) enerji dozlarına maruz bırakılmıştır. Meydana gelen su aynı zamanda sırasıyla 1456 J / ml ve 2531 J / ml enerji girişlerine karşılık gelen 40 ° C'de 2,9 dakika (L) veya 50 °C'de 5 dakika süreyle TS (24 kHz, 100 μm) uygulanmıştır. Ortaya çıkan dört enerji seviyesinin ve sırasının (PL+TS ve TS + PL) etkisi araştırmışlardır. Teknolojiler tek tek uygulandığında, kombine işlemlerin çoğunun 6 log civarındaki azalma sağladığı halde elde edilen azami azalma sırasıyla 2,7 ve 4,9 log (TS (H) ve PL (H) için) etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Bütün muameleler elma suyunun rengini önemli ölçüde değiştirmiştir (p<0.05). Uygulanan enerji düzeyi ölçülen kalite özelliklerini etkilemediğini tespit etmişlerdir (Caminiti ve ark., 2011).

Meyve sularında (portakal ve elma suyu) bazı mikroorganizmaları (*Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*) inaktive etmek için yüksek yoğunluklu ultrasound (USc) ve UV-C ışığı kullanımı üzerine yapılan çalışmada, peptonlu su ve elma suyunda, UV-C radyasyonu USc uygulamasına kıyasla daha yüksek *E. coli* ATCC 35218 inaktivasyonunu yaratmıştır. *E.coli* ATCC 35218, *S. cerevisiae* KE162'ye kokteyli (portakal (pH 3,5, 9 °Brix) ve/veya elma (pH 3,1; 12 °Brix) meyve sularına göre daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir (Char ve ark., 2010).

Saccharomyces cerevisiae hücrelerinin yapısal hasarını değerlendirmek ve karşılaştırmak için elma suyunda üç termal olmayan teknoloji, yüksek hidrostatik basınç (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF) ve termosonikasyon (TS) uygulaması yapılmıştır. İşlem koşulları, HHP, 7 dakika boyunca 600 MPa'da (oda sıcaklığı, 21 °C); PEF için 40 °C'de 30,76 kV / cm ve 21 darbe (her biri 2 μs) ve son olarak TS için koşullar sürekli ve darbeleri modlarda 120 μm, 60 °C ve 30 dakika olarak uygulamıştır. HHP, PEF ve TS, her birinde belirli özelliklere sahip hücrelere farklı derecelerde hasar verdiği ancak hepsi hücre duvarını bozarak sitoplazmik içeriği serbest bıraktığı ve diğer biyokimyasal değişikliklere neden olmanın yanı sıra hücre zarı geçirgenliğini değiştirdiğini tespit etmişlerdir (Marx ve ark., 2011).

Atımlı ve sürekli termosonikasyon uygulaması ile ananas, üzüm ve kıvılcık meyve sularında *Saccharomyces cerevisiae*'nin inaktivasyonun incelendiği çalışmada, 40 °C, 50 °C ve 60 °C'de ananas, üzüm ve kıvılcık suyu termodinamik olarak (24 kHz, 400 W, 120 µm) sürekli ve darbeli modda 10 dakika boyunca ısıtılmış. *S. cerevisiae*, 60 °C'deki işlemlerde inaktive olmuş ve sürekli mod daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Üzüm suyu, 10 dakika sonra toplam inaktivasyon (7 günlük) göstermiştir. Sonuçlar pH ve rengin önemli ölçüde değiştiğini ifade etmişler ($p < 0.05$). Enerji analizinde, ananas suyunun (4287,02 mW/ml) daha yüksek bir enerjiye ihtiyaç duyduğunu, üzüm suyunun ise en düşük değerde (3112,13 mW/ml) olduğunu belirtmişler. Ultrasound işleminin, meyve suyu pastörizasyonunda uygulanabilir bir seçenek olduğu kanısına varmışlardır (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2012).

Hurdle teknolojisi uygulaması için ultrasound (20 kHz) *Saccharomyces cerevisiae* hücresinin canlılığı, yaralanması ve ölümünün karşılaştırmalı gerçek zamanlı analizi çalışmasında, *S. cerevisiae*'ye ultrasound ile (20 kHz, 124 µm) muamele edildiğinde, yalnızca canlı ve ölümlü hücre popülasyonları tespit etmişlerdir. TEM sonuçlarına göre, 1 dakika ultrasound işleminden sonra hücrelere hasarın verildiğini tespit etmişlerdir. *S. cerevisiae*, 1 dakika ultrasound ile müteakip ani ısıtma (55 veya 60 °C) ile ön işleme tabi tutulduğunda, test edilen her iki sıcaklıktaki ölüm oranı arttığını ve böylece iki engeli arasındaki sinerjinin arttığını tespit etmişlerdir. Gerçek zamanlı floresan çalışmaları, membrandan kaynaklanmayan ölümcül olmayan hücre içi yaralanmalara neden olduğunu ve *S. cerevisiae*'nin ısı hasarına daha duyarlı olduğunu açıklamışlardır (Wordon ve ark., 2012).

Elma suyundaki bozulma mikroorganizmalarının (*Alicyclobacillus acidoterrestris* ATCC 49025 sporlarının ve *Saccharomyces cerevisiae* KE162) darbeli ışık ve ultrasound ile inaktive edilmesi üzerine çalışmada, ultrasound (600 W, 20 kHz ve 95,2 µm dalga amplitüd, 20-30 ya da 44 ± 1 °C'de 10 veya 30 dk) ve atımlı ışık (PL) (örn., Lamba; 3 puls/s; 0,1 m mesafe; $2,4 \text{ J} / \text{cm}^2$ - $71,6 \text{ J} / \text{cm}^2$; başlangıç sıcaklığı 2, 30, 44 ± 1 °C) ticari PH: 3,5, 12,5 °Brix) ve doğal sıkılmış (pH: 3.4; 11.8 °Brix) elma suları kullanılmıştır. Doğal elma suyunda, en yüksek sıcaklık birikiminde (56 ± 1 °C) US + 60 s PL kombinasyonu, her iki suş için en etkili işlem olmuştur. Ticari elma suyunda, US sporların daha fazla inaktivasyonuna katkıda bulunmamış, ancak maya popülasyonunu önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. US+PL'nin belirli kombinasyonları

buzdolabında 15 gün boyunca iyi mikrobiyal stabilite sağladığını belirtmişlerdir (Ferrario ve ark., 2015).

Mango suyunda *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella Enteritidis*'in inaktivasyonunda termosonikasyon etkisi üzerine yapılan çalışmada 50 ve 60 °C'de etkisi araştırılmıştır. En yüksek inaktivasyon, 60 °C'de termosonikasyon ile sağlanmıştır. *S. Enteritidis*'in termosonikasyona *E. coli* O157: H7'den daha duyarlı olduğu bulmuşlardır. Yüksek yoğunluklu ultrasound uygulanmasının tek başına termal işleme kıyasla patojenlerin inaktivasyonunu arttırdığını tespit etmişlerdir (Kiang ve ark., 2013).

Ultrasound ve organik asitlerin uygulaması ile organik taze marulda gıda kaynaklı patojenlerinin azaltılması üzerine yapılan çalışmada, marul yaprakları, *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157: H7 ve *Listeria monocytogenes*'in her birinin aşılانmış ve tek başına ultrasound (40 kHz), organik asitler (0,3, 0,5, 0,7, 1,0 ve % 2,0 - malik asit, laktik asit ve sitrik asit) ve ultrasound ve organik asitlerle 5 dakika boyunca kombine uygulanmıştır. Tüm 3 patojen için, ultrasound ve organik asitlerin kombine uygulaması, 7 günlük saklama sırasında marul üzerinde belirgin bir kalite değişikliğine (renk ve dokuya neden olmaksızın) bireysel muamelelere kıyasla ek 0,8 ila 1 log azaltma ile sonuçlandığını tespit etmişlerdir. *S. Typhimurium*, *E. coli* O157: H7 ve *L. monocytogenes*'teki maksimum azalış sırasıyla ultrasound ve % 2 organik asit ile 5 dakika boyunca kombine işlem sonrasında gözlenen 2,75, 3,18 ve 2,87 log azalma ile tespit etmişlerdir. Ultrasound ile organik asitler kombine uygulamalarının, kaliteyi önemli ölçüde etkilemeden bireysel işlemlere kıyasla patojenin azaltılmasında etkili olduğunu ve organik taze maruldaki mikrobiyal güvenliği artırmak için yeni bir yöntem olarak potansiyelini ortaya koyduğu kanısına varmışlardır (Sagong ve ark., 2011).

Toz bebek mamalarının formülüne inoküle edilmiş *C.sakazakii*'nin inaktivasyon çalışmasında, 25 °C, 35 °C, 50 °C sıcaklık ve genlik (24.4, 30.5, 42.7, 54.9, 61 um amplitude) kombine koşullarında gerçekleştirilen çalışmada, ultrasound, sıcaklıkla kombine edildiğinde, *C.sakazakii*'nin mikrobiyal düzeylerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Adekunte ve ark., 2010c).

Elma suyunda *Cronobacter sakazakii* inaktivasyonu için basınç altındaki ısı ve ultrasonik dalgaların sinerjik kombinasyonu (manotermosonikasyon, MTS) araştırıldığı çalışmada, 45 °C'nin altında, sıcaklıktan bağımsız olduğunu tespit etmişlerdir. 64 °C'nin üstünde, basınç altında ultrasound işleminin öldürücü etkisi, aynı sıcaklıktaki ısıl işlemin

ölümcüllüğüne kıyasla önemsiz bulunmuştur. En yüksek sinerjistik etki (% 38,2) 54 °C'de bulunmuştur. Ayrıca MTS uygulamasından sonra inaktive olan bakteriler elma suyunda buzdolabında depolamada (4 °C'de 96 saate kadar) canlılığını kaybettiğini gözlemlemişler (Arroyo ve ark., 2012).

Neosartorya fischeri ascospores'in elma suyunda yüksek basınç, ultrasound ve ısı ile işleme inaktivasyonunun araştırıldığı çalışmada, 75 °C ile birlikte yüksek basınç işleminin (HPP, 600 MPa) ve güçlü ultrasound (24 kHz, 0.33 W/mL) etkinliği araştırılmış ve tek başına 75 °C'lik termal işleme ile karşılaştırmışlardır. HPP, 75 °C işlemi, *N. fischeri* sporlarını inaktive etmek için en etkili yöntem olduğunu ve termal işleme için 10 dakika sonra 3,3 log indirgeme ile termosonikasyon (TS) inaktivasyon sağlanamadığını tespit etmişler. Weibull modeli spor inaktivasyonunu 600 MPa HPP-termal (50, 60, 75 °C) ve termal (85, 90 °C) daha iyi sonuç vermiştir. Sonuç olarak, HPP, aynı sıcaklıktaki elma suyundaki yüksek spor inaktivasyonundan kaynaklanan en iyi gıda koruma teknolojisi olduğunu ifade etmişler (Evelyn ve ark., 2016).

Termosonikasyon ve antimikrobiyal maddeleri birleştiren çok faktörlü fungal inaktivasyon çalışmasında, farklı aw (0,99 veya 0,95) ve pH (5,5 veya 3,0) formüle edilmiş broth suyunda, Vanillin veya potasyum sorbat *Aspergillus flavus* ve *Penicillium digitatum* spor canlılığı üzerinde, farklı genliklerde düşük frekanslı ultrasound (20 kHz) eşzamanlı uygulamanın kombine etkisi ve tekli etkilerini incelemişler. Genel olarak, termosonikasyon uygulamaları için D değerleri termal uygulamaya kıyasla daha düşük bulunmuş. Potasyum sorbat veya vanilin eklendiğinde ve arttırılmış genlikte termosonikasyon uygulandığında, daha düşük D değerleri elde etmişlerdir (López-Malo ve ark., 2005).

Doğal antimikrobiyal maddenin farklı pH'da termosonikasyon ile *Aspergillus flavus*'un inaktivasyonunun modellenmesi çalışmasında, hayatta kalma eğrileri, 52,5, 55 veya 57,5 °C'de termosonikasyon, 20 kHz'de ultrasound, 13 mm çaplı prob ile 60, 90 veya 120 µm genlikte sürekli olarak çalışan bir model sistemde, Aw 0.99 sükroz, 500 ppm vanilin ve pH 5,5 veya 3 değerlerinde kullanmışlardır. Elde edilen Weibull modelinin şekil faktörleri *A. flavus* sağkalım eğrilerinin yukarı doğru içbükey ($n > 1$), içbükey aşağı ($n < 1$) ve aynı zamanda doğrusal ($n = 1$) olduğunu göstermiştir. *A. flavus*, daha düşük pH 3'da daha yüksek duyarlılık sergilerken ve daha yüksek pH 5,5'te ise çoğu vakada şekil parametresinin 1'den yüksek olduğu gözlemlemişlerdir. Bu olguların çoğunda kalan

hücreler zayıf hale geldiğini gösterdiği, uygulama süresi arttıkça kombine stres faktörlerinden dolayı hasar miktarının artacağını tespit edilmiştir. pH olarak kombine ultrasound, doğal antimikrobiyal ve stres faktörlerinin kullanılması, gıda kalitesini iyileştirmek, mikrobiyal inaktivasyon için daha düşük sıcaklık ve daha kısa uygulama süreleri sağlayacağı kanısına varmışlardır (Coronel ve ark., 2011).

Biranın yüksek basınçla ve termosonikasyon uygulaması yapılarak *Saccharomyces cerevisiae* inaktivasyonun sağlandığı çalışmada, 200, 300 ve 400 MPa'da HPP için ve TS için 50, 55 ve 60 °C'de 16.15 W/mL ultrasound enerji yoğunluğu ile modelleme yapmışlardır. İnaktivasyon için, en fazla termal olmayan HPP, onu 60 °C TS, ardından 60 °C termal uygulama sonucuna varmışlar (Milani ve ark., 2016).

Yağsız sütte *Geobacillus stearothermophilus* inaktivasyonunda termosonikasyonun etkisinin araştırıldığı çalışmada, Sonuçlar, süt tozunun işlenmesi sırasında evaporatörün daha önce (% 9,2 TS, 75 °C ve 10 saniye) ve sonrasında (% 50 TS, 60 °C ve 10 saniye) uygulanması hücrelerin ve sporların inaktivasyonunda en etkili olduğunu tespit etmişler. Vejetatif hücreler için 5,8 log indirgenme, sporlar için 0,51 log indirgeme ile sonuçlarına ulaşmışlardır (Beatty ve Walsh, 2016).

Penicillium spp sporlarını inaktive etmek için araçlar olarak ultrasound (US), termosonikasyon (TS) ve yüksek basınçlı homojenizasyon (HPH) araştırılmıştır. Sonikasyon için, güç %40-%100, darbe 10 s ve uygulama süresi 2 ila 10 dakika arasındaydı. TS, US'yi (4, 8 ve 12 dakikada 50, 55 ve 60 °C) termal muameleyle (8 dakika için gücün % 40-80 ve 2 saniye darbe) birleştirerek gerçekleştirmişlerdir. Homojenizasyon, 30-150 MPa'da 1, 2 ve 3 kez uygulanmıştır. *Penicillium spp.* and *Mucor* üzerine distile suda uygulama yapılmıştır. *Penicillium spp*'yi inaktif hale getirmek için ultrasound başarılı bir şekilde kullanılabileceği ve *Mucor spp*'nin etkisini artırmak için kombine kullanmanı daha iyi sonuç vereceğini önermişlerdir. Yüksek basınçlı homojenizasyonun ise 2 veya 3 kez uygulandığında daha iyi sonuç vereceği kanısına varmışlar (Campaniello ve ark., 2016).

Yüksek yoğunluklu ultrasound (600 W nominal güçte (20 kHz'de uygulanan ultrasonik işlem) ve 60, 90 ve 120 µm'lik genliklerde çalışan 12,7 mm ultrasonik prob) uygulamasının gıda bozulma etkili bakterilerin (*Bacillus cereus* 30, *Staphylococcus aureus* 3048, *Escherichia coli* 3014, *Salmonella sp.* ve *Listeria monocytogenes* ATCC 23074) inaktivasyonuna etkisi araştırmışlar. Ayrıca, 3, 6 ve 9 dakikalık süreler ve 20, 40

ve 60 °C sıcaklık kullanılmıştır. Sonuçlar aynı zamanda, özellikle yüksek sıcaklık ve/veya genlik ile kombinasyon halinde, daha uzun süreli işlemler süresince mikroorganizmaların inaktivasyonunun arttığını da tespit etmişlerdir. *Bacillus cereus* 30'un en yüksek (3,48 log kob/mL) inaktivasyon olarak elde etmişlerdir (Herceg ve ark., 2013).

Portakal suyunda *Fusarium oxysporum*'u inhibe etmek için, Na-benzoat (0-100 ppm) veya narenciye ekstraktı (0-1800 ppm) ile kombine edilmiş ultrasound (130 W frekans, 20 kHz, 2-10 dakika, güç yüzdesi olarak % 40-%100, darbe 2-10 sn) kullanımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Meyve suyu raf ömrünü uzatma ihtimaline ilişkin olarak, benzoat ve turuncgil ekstraktının kullanımının, *F. oxysporum* büyümesini kontrol etmede yardımcı olduğu ve en az 14 gün boyunca 5 log kob/ml'de bir azalma sağladığını tespit etmişlerdir (Bevilacqua ve ark., 2013a).

Sıvı bütün yumurtada, basınç altında ultrasonik dalgalarla *Salmonella Typhimurium* (ATCC 13311), *Salmonella Enteritidis* (ATCC 13076) ve *Salmonella Senftenberg* (ATCC 43845)'in inaktivasyonu üzeri bir çalışma yapılmıştır. Ultrasonik dalgaların genliği doğrusal olarak arttığında, manosonikasyonun inaktivasyon hızının giderek arttığını tespit etmişlerdir. İnaktivasyon oranı basınçla da doğrusal olarak artmıştır. *Salmonella Senftenberg*'nin manotermonikasyon işlemi ile (117 mikron ve 200 kPa), 3 log azaldığını tespit etmişlerdir (Mañas ve ark., 2000).

Escherichia coli ve *Pseudomonas fluorescens*'in ölümcül yaralanmalarının incelenmesi için yapılan çalışmada, termosonikasyon (TS) ve darbeleri elektrik alanları (PEF) tekli ve kombine etkisini incelemişler. PEF, düşük ve yüksek elektrik alan şiddetine (29 kV.cm⁻¹ ve 32 kV.cm⁻¹) uygulanırken, TS düşük (L) ve yüksek (H) dalga genliğinde (sırasıyla 18.6 um ve 27.9 um) uygulanmışlar. *P. fluorescens* için, ayrı ayrı uygulandığında, TS ve PEF, PEF uygulamalarından sonra %8'lik ölümcül yaralanmayla sırasıyla ≤ % 9 ve ≤ % 47'lik inaktivasyon ile sonuçlanmış. Bununla birlikte, TS/PEF işlemi sırasıyla ≤% 48 inaktivasyona ve ≤% 34 alt ölümcül yaralanmaya neden olmuştur. *E. coli* için TS, ≤% 6 inaktivasyona ve ≤%2 alt ölümcül yaralanmaya neden olurken, PEF işlemi tek başına sırasıyla% 86 ve % 29 oranında inaktivasyon ve ölümcül yaralanmalara neden olmuştur. TS/PEF maksimum % 66 inaktivasyona nedenken, *E. coli* popülasyonunun yaklaşık % 26'sının hasar görmesine neden olmuştur. Bu çalışma, TS ve PEF'nin mikroorganizmaları inaktive etme yeteneğini doğrularken bazı bakterilerin

öldürülmediğini, ancak ölümcül olarak hasar gördüğü kasına varmışlardır (Halpin ve ark., 2014).

Ultrasound işleminin (2-10 dakika, 19 kHz, 500 W, % 20-% 100 amplitüd) graviola meyve suyu kalitesine (polifenol oksidaz (PPO) kalıntı aktivitesi, sıcaklık artışı, renk, askorbik asit ve fenolik bileşiklere etkisi) etkisini incelemişlerdir. İşlemden sonra, meyve suyundaki PPO etkinliği azaltıldı ve renk değişiklikleri az olduğu tespit etmişlerdir. Yüksek yoğunlukta fenolik bileşiklerin olduğu ve askorbik asit içeriği, uygulama örneklerinin çoğunda yüksek daha fazla bulmuşlar. Ultrasound teknolojisi, kalite kaybına yol açan termal ve diğer yöntemlere bir alternatif olarak uygun olabileceği önerisinde bulunmuşlardır (Dias ve ark., 2015).

Mosambi suyunda pektin metil esteraz (PME) inaktivasyonu üzerine termosonikasyon ve termal uygulamaların karşılaştırılması çalışmasında, 60, 70 ve 80 °C'lik üç sıcaklıkta 5, 10, 15 ve 20 dakika sürelerde termosonikasyon uygulamışlardır. PME'nin inaktivasyonunun derecesi sıcaklık ve sürenin artmasıyla artmıştır. Kaviteasyon etkisi nedeniyle termosonikasyon işlemlerinin ısı işlemlere göre daha etkili olduğu tespit etmişlerdir. PME inaktivasyonu için tüm termal ve termosonikasyon uygulamaları arasında 80 °C'de 20 dakika süreyle termosonikasyon uygulamaları en iyi bulunmuştur (Siwach and KumarKumar, 2012).

Termosonikasyonun domates suyunun kalitesinin geliştirilmesi (viskozite, partükül boyutu, pektin metil esteraz (PME) ve poligalakturonazın (PG) inaktivasyonu) üzerine etkisinin belirlenmesi çalışmasında, domates suyu, 60, 65 ve 70 °C'de 25, 50 ve 75 µm'lik genliklerde veya sadece ısı işlemlerde termosonikasyona (TS) (24 kHz) tabi tutulmuştur. 60 °C, 65 °C ve 70 °C'de 41,8, 11,7 ve 4,3 dakikalık maruz kalma için TS işlemi, PME etkinliğini % 90 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. 60 °C, 65 °C ve 70 °C sıcaklıklarda yalnızca 90,1, 23,5 ve 3,5 dakika ısı muamelesi, PME'yi % 90 oranında inaktif hale getirmiştir. 25-75 µm genlikli TS uygulamaları, 60 ila 70 °C arasındaki inaktivasyon verimliliği üzerinde belirgin bir etkiye sahip değildir. TS' den sonra, ortalama parçacık boyutu, ısıyla muamele edilen veya işlenmemiş meyve suyu ile karşılaştırıldığında belirgin bir şekilde azaldığını ve viskozite 2-4 kat arttığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar, 60 ve 65 °C'deki TS'nin düşük rezidüel PME etkinliği ve yüksek viskoziteli domates suyu elde etmek için yararlı olabileceği kanısına varmışlardır (Wu ve ark., 2008).

Havuç suyunda termosonikasyonun enzimler üzerine etkileri (polifenolaz, peroksidaz, pektin metil esteraz ve lipoksigenaz), mikroorganizmalar (toplam bakteri sayısı, maya ve küf), renklendirici pigmentler (karotenoidler, lutein ve likopen), askorbik asit, toplam fenoller, flavonoidler, taninler, pH, asitlik, °Brix ve havuç suyunun rengi termal muamele ile karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Havuç suyuna 5, 10 dakika süreyle, 20, 40 ve 60 °C'de, 5 saniyelik açma/kapama puls döngüsünü kullanarak termosonik (20 kHz, % 70 genlik ve 48 W.cm⁻² ultrasound işlemi) olarak kullanılmıştır. Enzimlerin ve mikroorganizmaların en yüksek inaktivasyonuna termal ve termosonik (60 °C) uygulamalar yapıldıktan sonra ulaşılmıştır. Bununla birlikte, termosonik (60 °C) muamelede, termal uygulama ile karşılaştırıldığında, renklendirici pigmentlerde maksimum gelişme ve askorbik asit, toplam fenoller, flavonoidler ve tanenlerin daha az azaldığı gözlemlenmiştir. °Brix, pH ve asitlik değerleri değişmeden kaldığını tespit etmişlerdir. Sonuçlar, 60 °C'de termosonikasyonun ısı işlemeye iyi bir alternatif olabileceğini ve azaltılmış enzimler ve mikrobiyel aktivite ve geliştirilmiş biyoaktif bileşiklerle havuç suyu üretimine başarıyla uygulanabileceğini kanısına varmışlardır (Jabbar ve ark., 2015).

Domates suyundaki pektin metilesteraz (PME) ve poligalakturonazın (PG) termosonikasyon (20 kHz, genlik 65 µm ve sıcaklık 50-75 °C) yoluyla inaktivasyon kinetiği incelendiği çalışmada. PME'nin termal ve termosonikasyon inaktivasyonu birinci dereceden kinetik olarak iyi tanımlanmışlar. Kombine ultrasound ile ısıнын inaktive etkisinde sinerjik bir etki sağladığını tespit etmişlerdir. Termosonikasyon işleminin hem PME hem de PG'nin inaktivasyon oranlarını artırdığını tespit etmişlerdir (Terefe ve ark., 2009).

Termosonikasyon (TS) uygulamasının, greyfurt suyunun kalitesine etkisinin belirlendiği çalışmada, sıcaklık (20, 30, 40, 50 ve 60 °C), frekans (28 kHz), güç (% 70, 420 W) dahil olmak üzere farklı işleme değişkenlerine sahip sonikasyon cihazı kullanmışlar. Biyoaktif bileşikler için işleme süresi (30 ve 60 dk), enzimlerin pektin metil esteraz (PME), peroksidaz (POD) ve polifenolaz (PPO) ve mikro organizmalar (toplam bakteri sayısı, mayalar ve küfler) inaktivasyonu yapılmış. Mikroorganizma aktivitesi, muamele sırasında tamamen inaktive edilmiş (60 °C'de 60 dakika), 60 dakika ve 60 °C'de TS işlemi, PME, PPO ve POD aktivitesini sırasıyla % 91, % 90 ve % 89 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Aadil ve ark., 2015).

Geleneksel olarak ya da ultrasound ile haşlanmış ve kurutulmuş havuçların C vitamini içeriğine ve duyuusal özelliklerine etkisinin araştırdığı çalışmada, yüksek sıcaklıktaki geleneksel haşlama işlemleri,% 37,5-85 aralığında C vitamini tutma oranı oluştururken, havuç geleneksel olarak 60 °C'de ve US-probu tarafından 60 ve 70 °C'ye kadar sıcaklıklarda haşlandığında havuç C vitamini tutulma değerlerini %4'den daha düşük tespit etmişlerdir. Yeniden suya konulmuş havuçların duyuusal analizi ile ilgili olarak, US tarafından önceden muamele edilmiş numuneler kabul edilebilir bir kalite değerlendirilirken, geleneksel yöntem ile ilgili istatistiksel olarak anlamlı hiçbir farklılık saptanmamıştır (Gamboa-Santos ve ark., 2013).

Taze sıkılmış portakal suyu örneklerinin sonikasyon işleminin pH, °Brix, titrasyon asitliği (TA), viskozite, esmerleşme indeksi ve renk parametreleri (L, a ve b) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ultrasonik yoğunluk (UI) seviyeleri 8,61, 9,24, 10,16, 17,17 ve 22,79 W/cm² ve işlem süreleri 0 (kontrol), 2, 4, 6, 8 ve 10 dk olarak araştırılmış. °Brix, pH ve TA' da anlamlı bir değişiklik bulunmamış (p<0.05). Viskozite, esmerleşme indeksi ve renk parametreleri, ultrasound yoğunluğu ve uygulama süresinden belirgin olarak etkilenmiştir. Viskozite değerindeki değişiklikler birinci dereceden kinetik izlerken, kahverengileştirme indeksi, L, a ve b değerleri sıfır düzey kinetik izlediğini tespit etmişlerdir. Reaksiyon hızı sabitleri, ultrasonik yoğunluğa doğrusal olarak korelasyon göstermiştir (R²> 0.90) (Tiwari ve ark., 2008a).

Bazı meyve ve sebzelerde kırmızı biber (*Capsicum annuum L.*), su teresi (*Nasturtium officinale R.Br.*) ve çilek (*Fragaria ananassa D.*) ağartmaya alternatif olarak termosonikasyon ve ultraviyole radyasyon prosesleri üzerine yapılan çalışmada, ultraviyole-C radyasyonunun mikrobiyal yük azaltma açısından en az etkili uygulama olduğunu tespit etmişler. Termosonikasyonun mikrobiyal yük indirimleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıydı ve termosonik numuneler, aynı sıcaklıklarda ısıtılmış olanlardan daha iyi nitelik nitelikleri taşıdığını belirlemişler (p<0.05). Ultrasound uygulaması, geleneksel termal yöntemlere göre daha umut verici olduğu kanısına varmışlardır (Alexandre ve ark., 2011).

Havuç suyu 50 °C, 54 °C ve 58 °C'de 10 dakika boyunca ısı, (24 kHz, 120 µm genlik), (akustik güç 2204,40, 2155,72, 2181,68 mW/mL, sırasıyla) ile sonike edilmiştir. Kalite parametreleri ve mikrobiyal büyüme işleme sonrası ve 4 °C'de saklamada değerlendirilmiştir. 50 °C ve 54 °C'de kontrol ve sonike işlemler sırasıyla 10, 12 ve 14

gün raf ömrüne göre yapılmış. 58 °C'de soniklenmiş numuneler en iyi kaliteye sahip bulunmuştur. Mikroorganizma büyümesi mezofiller için yaklaşık 3 log, mayalar ve kalıplar için 4,5 log, ve 20. gün depolamadan sonra enterobakteriler için 2 log azalma meydana gelmiş. Fenolik bileşikler, depolanmış, işlenmiş meyve sularının hepsinde artmıştır. Termosonikasyon bu nedenle depolama sırasında fizikokimyasal değişiklikleri en aza indirmek, mikrobiyal büyümeyi geciktirmek ve biyoaktif bileşikleri koruyarak havuç suyu kalitesini korumak için umut verici bir teknoloji olarak değerlendirilmiştir (Martínez-Flores ve ark., 2015).

Hindistan cevizi (*Cocos nucifera*) kabuk tozundan fenolik bileşiklerin ultrasound ekstraksiyonunun optimizasyonu çalışmasında, ekstraksiyon prosesini yüzey cevap metodu kullanılarak optimize etmişlerdir. Optimum çalışma koşulunda (30 °C, çözeltinin katıya oranı 50, 15 dakika ekstraksiyon ve pH 6,5), süreç, hindistan cevizi kabuğunun gramı başına 22,44 mg fenolik bileşik üretmişlerdir (Rodrigues ve ark., 2008).

Güçlü ultrasound işlemi dehidrasyon sırasındaki meyve ve sebzelerin kalitesi (Pektinmetil esteraz ve peroksidaz enzimleri, vitamin C, karbonhidratlar, proteinler, polifenoller ve 2-furoilmetilamino asitler (Maillard tepkimesinin erken aşamalarının göstergeleri) üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, havuç ve çileklerin kurutulmasında ultrasound uygulanması, yüksek kalitede nihai ürünler sunarken, işlem süresinde belirgin düşüslere neden olduğunu tespit etmişlerdir (Villamiel ve ark., 2015).

Kızılcık ürünlerinde fenolik bileşiklerin ultrasound yardımcı hidrolizi ve gaz kromatografisi-kütle spektrometrik tayinin yapıldığı çalışmada, kıızılcık örneklerinde 20 konjuge formda fenolik tespit edilmiş. Bunlardan, benzoik asit, quercetin ve myricetin en çok fenolik maddelerdir. Toplam fenolik madde sırasıyla kıızılcık meyvelerinde 12,4 mg/gr, % 100 kıızılcık suyunda 9,1 mg/mL ve kıızılcık soslarında 11,1 mg/gr olarak tespit etmişlerdir (Wang ve Zuo, 2011).

Ultrasound uygulanmış (işlem süresi: 3, 6 ve 9 dakika, numune sıcaklığı: 20, 40 ve 60 °C ve genlik: 60, 90 ve 120 um) elma suyu ve nektarının aroma profili ve duyuşal özelliklerinin incelendiği çalışmada, sonikasyonun elma suları ve nektarlarının aroma profilini, duyuşal özelliklerini ve renk parametrelerini etkilediğini tespit edilmiştir. Tepki yüzeyi metodolojisi, sonikasyonun pastörizasyon için alternatif bir teknik haline getirilmesi için meyve sularının orijinal özelliklerini korumak için kritik işlem

parametrelerini optimize etmek için kullanılabileceği kanısına varmışlardır (Imunek ve ark., 2013).

Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica*) suyunun ultrasound muamelesinin (10, 15, 25 dakika için % 40 genlik ve % 60, 3, 5, 8, 10, 15 ve 25 dakika için % 80 genlik) kalitesine etkilerin ((stabilite, °Brix, pH), mikrobiyal büyüme, toplam fenolik bileşikler, askorbik asit ve antioksidan aktivite (ABTS, DPPH ve % çelatlama aktivitesi) belirlenmesi çalışması yapılmıştır. 15 ve 25 dakika süreyle yapılan ultrasound işleminin, meyve suyu kalitesini ve antioksidan özelliklerini etkilemeksizin mikrobiyal yükte (Toplam bakteri sayımı ve Enterobakteriler) sayımı 15 ve 25 dakikada önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Genlik seviyesinin % 80'inde işleme tabi tutulan meyve suyunda antioksidan bileşiklerin arttığını tespit etmişlerdir. Meyve suyunda güvenliği ve kalite standartlarının elde edilmesinin sağlanmasında kullanılabileceğini önermişlerdir (Patel ve ark., 2009).

Nar suyuna sanikasyon uygulanmasının, antosiyaninler, toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi etkisinin incelendiği çalışmada, 20 kHz, 24,4-61 µm genlik seviyesi (% 100), 25±1 °C ve 15 dakika uygulama sonucunda *E. coli* ve *S. cerevisiae* mikroorganizmaları üzerinde 3,47 log ve 1,86 log sırasıyla azalma meydana gelmiştir. Sonuçlar, farklı yoğunlukların ve zamanların, pH, asitlik, °Brix değerlerinde bir değişiklik meydana gelmemiştir. Toplam antosiyanin içeriğinin değişme yüzdesi % 0,38-9,75, toplam miktarı ise bazı genlik seviyelerinde ve zamanlarda % 0,44-7,32 artmıştır. Buna ek olarak, bazı meyve sularındaki toplam fenolik içerik, % 100 yoğunlukta ve 9 dakikada yaklaşık % 5,40-42,52 artmıştır. Ayrıca, tüm meyve sularının antioksidan aktivitesi kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında anlamlı fark göstermediğini tespit etmişlerdir (p <0.01) (Zafra-Rojas ve ark., 2013).

Karpuz (*Citrullus lanatus* cv.) suyunda termosonikasyonun (20 kHz; 30 µm; 5 dk; 30 °C) biyoaktif bileşikler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, tahmin edilen kalite parametreleri için tayin katsayısı (R²) % 95'lik bir güven düzeyinde deney verileri ile iyi korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Toplam fenolik içeriğin tutulumu, 45 °C'de, 61 µm işlemi ile sırasıyla 2, 6 ve 10 dakika işleme sürelerinde % 83,23, % 63,11, % 41,56 tespit edilmiş. Yüksek biyoaktif bileşikler tutma düzeylerine sahip meyve suları elde etmek için kritik işlem parametrelerini optimize etmenin faydalı olabileceği kanısına varılmıştır (Rawson ve ark., 2011).

Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica*) suyunun raf ömrü, fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerinin üzerine termosonikasyon (15 ve 25 dakika süreyle % 80 amplitüd) uygulaması araştırılmış. Pastörize edilmiş suya kıyasla. 25 dakika boyunca termal ultrasound işlemi, 15 dakika süreyle (sırasıyla 6,83 ve 6,72 MPa) renk kararlılığı ve viskozitesini artırdığı, ancak bunun son parametre, kontrol ve pastörize meyve sularına (22,47 ve 26,32 MPa) kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın ilk gününden itibaren toplam mikroorganizma sayısında 15 ve 25 dakika süreyle işlem sonucu sırasıyla 1,38 ve 1,43 log kob/mL değerlerinde azalma görülmüştür. Kontrol ile kıyaslandığında, her iki muamelenin enterobakter sayısını (1,54 log kob/mL) düşürdüğü ve pastörize meyve suyu ile karşılaştırıldığında pektinmetilesteraz aktivitesinin (3,76 ve 3,82 UPE/mL) azaldığı, yüksek askorbik asit değerleri (252,05 ve 257,18 mg AA /L) ve antioksidan aktivite (DPPH: 3114,2 ve 27571 umol TE/L ve ABTS ile: 124,8 ve 115,6 mg VCEA/100 mL) tespit edildiği belirlenmiştir. Depolamanın esnasında, termosonike meyve suları, (14. günden itibaren) pektin metil esteraz etkinliğinde minimum bir artışa ve pastörize suyunkine benzer şekilde toplam mikroorganizma sayısı sergilemiştir. 14 günlük depolamadan sonra, özellikle de % 80, 25 dakika süreyle işlem için fenolik içeriğin arttığı ve depolamanın sonuna kadar antioksidan aktivitede (ABTS, DPPH) bir artış olduğu tespit edilmiştir (Cruz-Cansino ve ark., 2015).

Jumun (*Eugenia jambolana*) meyve suyunda termal ve termosonikasyonun antosiyanin stabilitesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, ultrasound uygulamaları için sıcaklık (80 °C ve 90 °C), genlik (% 80 ve % 100) ve zaman (5 ve 10 dakika) olmak üzere üç parametre değiştirilmiştir. Sterilizasyon sonrası antosiyanin içeriğinin, muamele edilmemiş meyve suyuna kıyasla % 51,35 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Pastörizasyon (5 dakika boyunca 80 °C), işlenmemiş jamun meyve suyuyla karşılaştırıldığında antosiyanini % 34 oranında düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ultrasound işleminden (5 dakika boyunca % 80 genlik) sonra, antosiyaninin bozunması, muamele edilmemiş meyve sularıyla karşılaştırıldığında % 21,9 olmuştur. Termosonikasyon, toplam antosiyanin içeriğinin maksimum tutulması için geleneksel ısı işlem yöntemlerinin yerini alabileceği kanısına varmışlardır (Shaheer ve ark., 2014).

Ultrasound işleme sırasında portakal suyunun askorbik asit (AA) degradasyonu ve enzimatik olmayan esmerleşmesi (NEB) için nicel modelleme yaklaşımları çalışması

yapılmış. Taze sıkılmış portakal suyu, 20 W sabit frekansta ve amplitüd seviyesi (24,4-61,0 μm), sıcaklık (5-30 $^{\circ}\text{C}$) ve zaman (0-10 dakika) işleme değişkenleri ile 1500 W ultrasonik işlemci kullanılarak sonike edilmiş. En uygun olan modeller kombine genlik ve sıcaklık için kontur çizimleri oluşturmak için birleştirmişlerdir. Oluşturulan kontur çizimleri, düşük sıcaklıkların ve orta amplitüdlere, yani 42,7 μm 'nin, daha düşük NEB ve AA bozulmasına ve dolayısıyla daha kaliteli portakal suyuna neden olduğunu tespit etmişlerdir. Genel olarak geliştirilen modelleme yaklaşımları, gıda endüstrisi için yüksek önemi olan ultrasound işlemi sırasında portakal suyunun kalite bozulmasını ortadan kaldırmak için en uygun işleme alanlarını tanımlamak için kullanılabileceği kanısına varmışlar (Valdramidis ve ark., 2010).

Darbali sonikasyon ve sürekli termosonikasyon uygulanması ile *Escherichia coli* ATCC 25922'nin inaktivasyonu ve karadut meyve suyundaki kalite değişikliklerini incelemişlerdir. Renk ve bulanıklık değerleri artarken, monomerik antosiyanin içeriği uygulamalar tarafından azaldı. Bununla birlikte, siyah dut suyunun titrasyon asitliği, pH, polimerik renk ve antioksidan aktivitesi gözle görülür değişiklikler tespit edilmemiş. 25 $^{\circ}\text{C}$ ve 35 $^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde depolama sürecinde HMF oluşumu tespit edilmiş, ayrıca HMF miktarının depolama süresi ve sıcaklığının artışıyla da arttığı gözlemlenmiştir. Meyve sularında istenmeyen koku oluşumunun göstergesi olarak kabul edilen furfural 25 $^{\circ}\text{C}$ ve 35 $^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan konsantrelerde 0,050-0,660 $\mu\text{g/mL}$ düzeyinde tespit edilmiştir. Ultrasound termal yöntemle kıyasla çok uzun sürede gerçekleşmiş ve *E.coli* hedefli ultrasound pastörizasyonun tek başına termal pastörizasyona alternatif olamayacağı kanısına varmışlar (Dinçer, 2015).

Üzüm suyunun endüstriyel olarak üretilmesi sırasında, resveratrol, berraklaştırıcı ajanlar ve filtrasyon kullanımı nedeniyle miktarı azalmaktadır. Yapılan çalışmada çalışmada üç çeşitten hazırlanan üzüm suyundaki resveratrol birikimi incelenmiştir. Campbell Early, Muscat Bailey A (MBA) ve Kyoho üzümlerinin, hasat sonrası ultrasound işlemi takiben, 25 $^{\circ}\text{C}$ karanlıkta 5 dakika ve 6 saat inkübasyon bırakılmış. Bu işlem, toplam çözünabilir katıların miktarlarını değiştirmeden sırasıyla Campbell Early, MBA ve Kyoho'dan hazırlanan meyve suyundaki resveratrol miktarlarını sırasıyla 1,53, 1,15 ve 1,24 kat arttırılabileceğini tespit etmişler. Genel olarak, sonuçlar, hasat sonrası üzüm meyvelerinin ultrasound muamelesinin, resveratrol bakımından zengin üzüm suyu

üretmenin yanı sıra üzümleri iyice temizlemek için etkili bir yöntem olabileceği kanısına varmışlar (Hasan ve ark., 2014).

Elma, kızılıçık ve yaban mersini suyu ve nektarında seçilen küfler (*Aspergillus ochraceus* 318, *Penicillium expansum* 565, *Aspergillus ochraceus* 318 ve *Rhodotorula* sp.), mayalar (*Saccharomyces cerevisiae*) ve *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 3922'e yüksek güçlü ultrasound (genlik (60, 90 ve 120 μ m), sıcaklık (20, 40 ve 60 °C) ve işlem süresi (3, 6 veya 9 dk) etkisini araştırmışlardır. 60 °C'de ve 3, 6 ve 9 dakikalık sürelerde, meyve suları ve nektarlarının tüm numunelerinde amplitüd değerine bakılmaksızın, maya ve küf büyümesinin tamamen inaktive edildiğini tespit etmişler. Uygulamanın *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 3922'ye karşı çok etkili olmadığını tespit etmişlerdir (Režek Jambrak ve ark., 2017).

Çin lahanası, marul, susam yaprağı ve ıspanak üzerinde hafif asitli elektrolize su (SAEW) su ve ultrasound engeller teknolojisi kullanarak antimikrobiyal inhibisyonun artırılması üzerine çalışma yapılmıştır. SAEW (pH 5.2-5.5, oksidasyon indirgeme potansiyeli 500-600 mV, mevcut klor konsantrasyonu 21-22 mg/l), ultrasound (3 dk) ile eşzamanlı işlem ardından suyla yıkama (150 rpm, 1 dakika) içeren optimize edilmiş basit ve kolay bir yaklaşım geliştirmişler (SAEW + US-WW). Bu yeni geliştirilen uygulama tek başına SAEW uygulamasına kıyasla mikrobiyal indirgemeleri, oda sıcaklığında (23±2 °C) ultrasonik işleme (SAEW+US) ve SAEW işlemi ve ardından su yıkamasını (SAEW-WW) kullanarak SAEW işlemi önemli ölçüde geliştirmiş. Mayalar ve küflerin mikrobiyal indirgenmeleri, toplam bakteri sayısı ve inoküle edilmiş *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes*, yeni engelleme yaklaşımını kullanarak farklı örneklerde 1,76-2,8 log kob/g aralığındaydı azalma meydana getirdiğini tespit etmişlerdir (Forghani ve Oh, 2013).

Su Kabağı (*Lagenaria siceraria*) suyunun kalite parametrelerine haşlama ve sonikasyonun birlikte etkisinin araştırıldığı çalışmada, titrasyon asitliği dışındaki tüm kalite parametrelerinde belirgin ($p \leq 0.05$) değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Dahası, şişelenmiş kabak suyunun haşlanmış ve sonike edilmiş numunelerinin TEM'lerinde mikrobiyal profilde önemli değişiklik olduğunu göstermiştir ($p \leq 0.05$) (Bhat ve Sharma, 2016).

Tepki yüzeyi metodolojisini kullanarak böğürtlen meyve suyu kalite parametrelerini ve antioksidan kapasitesini termosonikasyon koşullarını optimize

çalışmasında, mikrobiyal büyüme dışında, yanıt değişkenleri matematiksel model ile yüksek korelasyon katsayıları göstermiştir ($R^2_{adj} > 0.91$). Termosonikasyon uygulamasında, değerlendirilen tüm mikroorganizmaları inaktive ettiği ve optimum koşullarda (17 ± 1 dakikada, 50 ± 1 °C), pastörize edilmiş meyve suyuna kıyasla enzim inaktivasyonunu ve antioksidan aktivitesini arttırdığını tespit etmişler. Sonuçlar, termosonikasyonun, daha yüksek biyoaktif bileşik konsantrasyonu ve antioksidan kapasite katma değeri ile güvenli ve kaliteli meyve suyu üretimi için alternatifi olabileceği kanısına varmışlardır (Cervantes-Elizarrarás ve ark., 2017).

Termosonikasyonun [(24 kHz, ortalama sıcaklık 34, 44 ve 54 °C, akustik enerji yoğunluğu (AED) (1,1, 1,2 ve 1,4 W/mL) ve işlem süresi (2, 6 ve 10 dakika)] polifenol oksidaz (PPO) inaktivasyonu üzerine etkisi ve graviola meyvesi nektarının kalite parametreleri etkisi çalışılmıştır. Klasik termal pastörizasyon (65 °C, 30 dakika), taze nektarla karşılaştırıldığında % 81 PPO aktivitesini ve askorbik asit içeriğini % 36 azalmıştır. 34 veya 44 °C'de termosonikasyon ile yapılan tüm işlemler ilk PPO aktivitesini % 34 ile % 67 arasında düşürdü; 54 °C'deki uygulamalarda ise PPO aktivitesini % 91 ila % 99 arasında azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu son muameleler, kalite parametrelerinde önemli değişiklikler olmaksızın % 95 oranında askorbik asidin muhafaza edilmiş. Sonuç olarak, termosonikasyon, toplam PPO inaktivasyonuna, graviola meyve nektar kalitesinde bir değişiklik olmadan mükemmel bir alternatif olabileceği kanısına varmışlardır (Anaya-Esparza ve ark., 2017b).

Elma suyunda *Alicyclobacillus acidoterrestris* sporlarının inaktivasyonu için ultraviyole radyasyon ve ultrasound uygulanmasının etkileri araştırılmıştır. Kontrol olarak 95 °C'de termal bir muamele yapılmıştır. Ultrasound işleminin *A. acidoterrestris* inaktivasyonunda en düşük etkiye sahip olduğunu, UV-C radyasyonu uygulandığında, sporların sayısının, 8 dakika sonra belirgin bir şekilde düştüğünü ve 95 °C'lik bir ısı işleminden daha etkili olduğunu tespit edilmişlerdir. Mikrobiyal yükler açısından US ve UV-C kombinasyonu sinerjik etkilere neden olmamıştır. Bununla birlikte, kombine uygulamaların inaktivasyon oranları, işlemler tek tek uygulandığında elde edilenlerden anlamlı olarak farklı bulunmuştur (Tremarin ve ark., 2017).

Escherichia coli O157: H7, polifenol oksidaz aktivitesi ve yaban mersini (*Vaccinium corymbosum*) suyu içindeki antosiyaninler üzerindeki ısı işlem (HT), sonikasyon (SC), termosonikasyon (TS), manosonikasyon (MS), monotermal (MT) ve

manotermosonikasyon (MTS) etkisi araştırılmış. Örnekler MS (560 W, 5 dak/350 MPa), HT (80 °C), MT (350 MPa, 40 °C), TS (40 °C, 560 W) ve MTS 560 W, 5 dak, 40 °C/ 350 MPa, 40 °C), her uygulama için 5, 10, 15, 20 dakika süreyle yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmışlardır. HT, PPO aktivasyonunu (sadece 5 dakika sonra % 2,05 artış aktivite) önemli ölçüde düşürdüğünü ve *E. coli* O157: H7'de 2 log düşüş ve antosiyaninin % 85,25 tutulması ile sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, *Escherichia coli* O157: H7, 5 dakika sonra MTS ile hızla inaktive edilirken, antosiyanin muhafazası % 97,49 ve PPO aktivitesi % 10,91'e düştüğünü tespit etmişler. SEM ve TEM görüntüleri incelenerek *E. coli* inaktivasyonun teyidi sağlanmış. Sonikasyon, yüksek basınç ve hafif ısı kombinasyonu, arzu edilen antioksidan bileşiklerin tutulumundan ödün vermeksizin yabancısını suyunun emniyetini sağladığı kanısına varmışlar (Zhu ve ark., 2017).

Isıl işlemin ve ultrasound uygulamasının şeker elmasında (*Annona squamosa* L.) peroksidaz aktivitesi ve vitamin C üzerine etkisi incelenmiştir. Peroksidazın tamamen inaktive edilmesi için ısı işlemi 91 °C'de 22 dakika uygulanmıştır. Ultrasound işlem 40, 55, 70, 85 ve 100 W ultrasonik güç ile gerçekleştirilmiş ve 5 dakika içinde 85 W'de ve 100 W gücünde tamamen inaktivasyona ulaşıldığını tespit etmişlerdir. Isı inaktivasyonu birincil reaksiyon kinetiğini izlemiş ve Arrhenius grafiğinden hesaplanan aktivasyon enerjisi (E_a), peroksidazlar için bildirilen aralığa yakın olan 7.03×10^4 J/mol olarak bulunmuştur. Isıl işleme, 91 dakika boyunca peroksidazın tamamen inaktivasyonunu sağlamakla birlikte % 527 C vitamini kaybına neden olurken, ultrasonikasyonun 5 dakika içinde 85 W gücünde % 216 vitamin C kaybına neden olmuştur. Ultrasonikasyonun enzim inaktivasyonu sağlanırken, C vitaminini muhafaza etmede etkili olduğu tespit edilmiştir (Dabir ve Ananthanarayan, 2017).

Elma suyundaki *Saccharomyces cerevisiae* KE 162'nin ultrasound (US) ve atımlı ışık (PL) içeren kombine etkisinin yapısal ve fizyolojik etkisinin incelendiği çalışmada, US+PL muamelesinde sırasıyla, ticari ve taze elma suları için 6,4 ve 5,8 log maya indirilmesi meydana geldiğini raporlamışlardır (Ferrario ve Guerrero, 2017).

Ultrasound (US) işleme, hafif ısı pastörizasyonu (15 dakika için 65 °C), termal pastörizasyon (15 dakika boyunca 80 °C) ve bunların fizyokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve ananas suyunun besin kalitesi üzerindeki kombinasyonunun etkilerini üzerine çalışılmıştır. Oda sıcaklığında 60 gün boyunca depolanan meyve suyu ultrasound uygulamasında, kahverengileştirme derecesini önemli ölçüde azalmıştır. Ultrasound ve

bunu takiben hafif sıcaklıkla pastörize etme (UMP) işlemleriyle kombine edilen anason suyu, ananas meyvesinin toplam fenolik içeriğini termal muamele ya da muamele edilmemiş meyve suyu örneğiyle oda sıcaklığında 60 günlük saklama süresince muhafazada etkili bulunmuş. Hafif ısı pastörizasyon muameleleriyle kombine edilen ultrasound nispeten yüksek miktarda fenol muhafaza ederken ananas suyu içindeki mikroorganizmaları ve pektin metilesterazı etkin bir şekilde inaktive edebileceğini kanısına varmışlardır (Lagnika ve ark., 2017).

Taze kesilmiş ananasın ultrasound ile muamele edilmesi ve soğuk depolamadaki fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesi çalışmasında, taze kesilmiş ananas içindeki hem polifenol oksidaz (PPO) hem de polifenol peroksidaz (POD) aktivitesi, ultrasound muamelesine tabi tutulduğunda kontrol grubundan anlamlı derecede düşük çıktığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). PAL (fenilalanin amonyak liyaz)'in indüksiyonu, taze kesilmiş ananasında toplam fenolik içeriğin yüksekliği ve dolayısı ile daha yüksek antioksidan kapasite ile korelasyon göstermiştir ($p < 0.001$) (Yeoh ve Ali, 2017).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada piyasadan alınan kırmızı üzüm suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada antifungal olarak ticari olarak temin edilen *Streptomyces natalensis*'in fermentasyonu ile üretilen Pimalac markalı Natamisin (pimaricin) kullanılmıştır. Abant İzzet Baysal Üniversitesi/Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Bitki Koruma Bölümü/Fitopatoloji Anabilim Dalından temin edilen patojen *Botrytis cinerea* ait küf suşu kullanılmıştır. Analizler Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Hielscher Ultrasonics firmasının UP200St-(200W, 26kHz) ultrasonikatörü kullanılmıştır.

3.2. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.1. Besiyerlerinin Hazırlanması

Küflerin sayımında Potato Dextrose Agar (PDA- Merck 110130) besiyeri, kullanılmıştır. 1 litre PDA yapımı için 39 gr hassas terazide tartılmış üzerine 1 litre distile su ilave edilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakterilerinin gelişmesi amacıyla Plate Count Agar (PCA- Merck 105463) besiyeri kullanılmıştır. 1 litre PCA elde edebilmek için 39 gr hassas terazide tartılmış üzerine 1 litre distile su ilave edilmiştir. Toplam *Enterobacteriaceae spp.* sayımı amacıyla Violet Red Bile Dextrose Agar (VRBG Agar- Merck 110275) besiyeri kullanılmıştır. 1 litre VRBG elde edebilmek için 39,5 gr hassas terazide tartılmış üzerine 1 litre distile su ilave edilmiştir. Koliform grubu bakterilerin gelişmesi amacıyla Violet Red Bile (VRB- Merck 110406) besiyeri kullanılmıştır. 1 litre VRB elde edebilmek için 39,5 gr hassas terazide tartılmış üzerine 1 litre distile su ilave edilmiştir. Karıştırılarak kaynatılır ve kaynama başladıktan sonra en çok 2 dakika daha kaynama sıcaklığında tutulup, soğuyunca steril Petri kutularına 12,5'er ml dökülür. Diğer besiyerleri manyetik karıştırıcıda tamamen erimesi sağlanmıştır. Distile su da eritilmiş besiyeri 121 °C'de 15 dakika otoklavlanarak sterilize edilmiştir (Anonim, 2014; Harrigan, 1998). Tüm analizler 3 paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.2. Küf Suşuna (*Botrytis cinerea*) Ait Sporların Canlandırılması

121 °C’de otoklavlanan PDA besiyeri 50 °C’ye kadar soğutularak steril petri kaplarına yaklaşık 12,5 ml olacak şekilde dökülmüş ve katılaşması beklenmiştir. Daha sonra küf sporlarının bulunduğu petriden öze yardımıyla küf sporları alınmıştır. Daha sonra zikzak çizilerek PDA üzerine ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 25 °C’de inkübatörde 4-6 gün bekletilerek gelişmeleri sağlanmıştır (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.2.3. Küf sporlarının çoğaltılması ve gelişimlerinin izlenmesi

Canlandırma işlemine tabi tutulmuş küf suşu ekilmiş olduğu PDA üzerinden steril öze yardımıyla kazınarak alınmıştır. Kazınan küfler içerisinde 9 ml peptonlu su bulunan deney tüplerine aktararak homojen bir karışım oluşması için vortekslenmiş ve küf aşılması yapılan deney tüpünden mikro pipet yardımıyla 1 ml sıvı alınarak petri kabına boşaltılmıştır. Üzerine 50 °C’ye kadar soğutulmuş PDA besiyeri dökülerek petri kutusu sekiz çizecek şekilde çalkalanmıştır. Ekim yapılan petri kapları 25 °C’de 4-6 gün inkübatöre bırakılarak küf sporlarının gelişimi sağlanmış, gelişimi sağlanan küf suşu çalışmalarda kullanılmak üzere 4 °C’de depolanmıştır (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.2.4. Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Örneklerinin Farklı

Konsantrasyondaki Natamisine Karşı Etkisinin ve Zamanla Koloni Değişiminin Gözlemlenmesi

Canlandırma ve çoğaltma işleminden sonra elde edilmiş olan *Botrytis cinerea* PDA üzerinden öze yardımıyla steril koşullarda alınarak 150 ml üzüm suyuna inoküle edilmiştir. Daha önce sterilize edilmiş olan tüplere steril koşullarda her tüpe vortekslenerek homojen hale getirilmiş küflü üzüm meyve suyundan 9 ml olacak şekilde 12 adet tüpe aktarılması sağlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda natamisin hazırlamak için 1 ml üzüm suyu içinde farklı miktarlarda natamisin vortekslenerek çözdürülüp hazırlanan natamisin çözeltisi her tüpte farklı konsantrasyonlar olmak üzere mikropipet yardımıyla aktarılmıştır. Hazırlanan tüpler numaralandırılarak inkübatöre konulup zaman içindeki gelişimi gözlemlenmiş ve belirlenen tüplerden 1 ml’si alınarak 9 ml hazırlanmış peptonlu suya aktarılıp 10^{-5} ’lik dilüsyon serisi hazırlanacaktır. Elde edilen dilüsyon tüplerinden 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ’lik tüplerden 0,1’er ml alınarak PDA besiyerine üç paralel

olacak şekilde yayma yöntemi ile ekim yapıp 25 °C’ de 4-6 gün inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonucunda 20–300 koloni arasında koloni ihtiva eden küf kolonileri sayılmıştır.

3.2.5. *Botrytis cinerea*’nın Farklı Konsantrasyondaki Natamisin

Antifungalına Karşı Etkisinin Disk Difüzyon Yöntemi İle Belirlenmesi

Disk difüzyon yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır (Balouiri ve ark., 2016). Agar–Agar besi yeri kullanılarak hazırlanmış olan 3 adet agarlı besiyerinin her birinde dört adet olmak üzere disk difüzyonunun için işlem yapılmıştır. Natamisin çözeltisi için 12 adet steril santrifüj tüplerinin her birine 1 ml steril distile su ilave edilmiştir. Natamisin olarak tartılarak 5 ml steril saf suda çözündürülerek numaralandırılmış santrifüj tüplerine farklı konsantrasyonlarda 0,15 ml alınarak agarlı besiyerlerinin disklerin içerisine aktararak bekletilmiştir. Tüpler içerisine aktarılmış 6 adet 9 ml PDA besiyeri otaklavlandıktan ve 45 °C’ye soğutulup canlandırma ve çoğaltma işleminden sonra elde edilmiş olan *Botrytis cinerea* PDA üzerinden steril koşullarda öze yardımıyla alınacak ve PDA besiyerli tüplere aktararak vortekslenmiştir. Vortekslenen ve küf inoküle edilen tüpler agarlı ve natamisinli petrilere aktarılıp bu besiyerleri 25 °C’ de 4-6 gün inkübasyona bırakılmış ve zamanla disk çevresinde oluşan inhibisyon bölgesi ölçümleri yapılarak natamisin antifungalının etkisi belirlenmiştir.

3.2.6. Ultrasonikatör Cihazının *Botrytis cinerea* Üzerine Farklı

Amplitutelerde ve Zamanla Etkilerinin Belirlenmesi

Çalışmamızda kullanacağımız küf suşunun ultrasound alan uygulama ultrasonikatör cihazında ne kadar süre muamele edileceği, ne kadar amplitute maruz bırakılacağı konusunda ön çalışma ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla önce elektriksel alan uygulama cihazımızda kullanılmak üzere % 0,85’lik fizyolojik tuzlu su kullanılarak 1 dk, 5 dk, 10 dk ve 15 dk olmak üzere 40 Ampitute, 50 Ampitute, 60 Ampitute, 70 Ampitute ve 80 Ampitute muamele edilmiştir. Muamele edilen örnekler dilüsyon çözeltileri yardımıyla PDA besiyerine üç paralel olacak şekilde yayma yöntemi ile ekim yapıp 25 °C’ de 4-6 gün inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonucunda 20–300 koloni arasında koloni ihtiva eden küf kolonileri sayılmıştır.

3.2.7. Ultrasound ve Natamisin ile Muamelesinin Zamanla Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etkisi

+4 °C’de depo edilmiş olan *Botrytis cinerea* suşunun sporları üzüm suyuna steril şartlarda inokule edilmiştir. Elde edilen küf sporlu meyve suyu vortekslenerek küf sporlarının homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound kombinasyon çalışmaları yapılmıştır. Örneğin 1 ml’si meyve suyundan hazırlanmış dilüsyona eklenmiştir. 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ’lik dilüsyon serisi hazırlanarak elde edilen dilüsyonlardan 0,1’er ml alınıp PDA besiyerine üç paralel olacak şekilde yayma yöntemi ile ekimi yapılmıştır. Kontrol örneği içinde aynı işlemler tekrarlanmıştır. Ekim yapılan besiyerleri 25 °C’de 4-6 gün inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır, inkübasyon sonucunda gelişim gösteren küf kolonileri (20-300 koloni) sayılmıştır. Koloni değişimi bir ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

3.2.8. Ultrasound, Natamisin ve Sıcaklık ile Muamelesinin Zamanla Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etkisi

+4 °C’de depo edilmiş olan *Botrytis cinerea* suşunun sporları üzüm suyuna steril şartlarda inokule edilmiştir. Elde edilen küf sporlu meyve suyu vortekslenerek küf sporlarının homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Elde edilen örnek en iyi sonuç alınmış ultranikasyon, natamisin uygulaması ve 40 °C, 50 °C ve 60 °C’de farklı sıcaklıklara, 5 dk tabi tutulmuştur. Kombinasyon çalışmaları yapılmıştır. Örneğin 1 ml’si meyve suyundan hazırlanmış dilüsyona eklenmiştir. 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ’lik dilüsyon serisi hazırlanarak elde edilen dilüsyonlardan 0,1’er ml alınıp PDA besiyerine üç paralel olacak şekilde yayma yöntemi ile ekimi yapılmıştır. Kontrol örneği içinde aynı işlemler tekrarlanmıştır. Ekim yapılan besiyerleri 25 °C’ de 4-6 gün inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır, inkübasyon sonucunda gelişim gösteren küf kolonileri (20-300 koloni) sayılmıştır. Koloni değişimi bir ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

3.2.9. Üzüm Suyuna Uygulanan Natamisin ve Ultrasound Uygulamalarının Zamanla Mikrobiyolojik Değişimlerinin Gözlemlenmesi

Duyusal analiz için kullanılacak üzüm suyu için ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örnekleri için genel mikrobiyoloji analizlere tabi tutulmuştur. Örnekler steril koşullarda ve steril numune kabında hazırlanmıştır. Kontrol numunesi için steril numune kutusuna 50 ml meyve suyu örneği konulup işlemler yapılmıştır. Hazırlanan örnekler +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Üzüm meyve suyunun genel mikrobiyolojik değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

3.2.9.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için yayma kültürel sayım yöntemi kullanılarak Plate Count Agar (PCA, Merck) besiyerinde 28-30 °C’ da 48 saat süre ile inkübasyon sonucunda gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar “koloni oluşturan birim” kob/mL olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.2.9.2. *Enterobacteriaceae* spp. Sayımı

Enterobakteri sayımı için yayma kültürel sayım yöntemi kullanılarak Violet Red Bile Glucose Agar (VRBG, Merck) besiyerinde 37 °C’ da 24 saat inkübasyon sonunda, gelişme olmayan petrilere ise 48 saat sonunda gelişen 1-2 mm çapında kırmızımsı bir presipitat zonu ile çevrili kırmızı koloniler sayılmıştır. Sonuçlar “koloni oluşturan birim” kob/mL olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.2.9.3. Koliform Grubu Bakterilerin Sayımı

Koliform grubu bakterilerin sayımı için Violet Red Bile Agar (VRB, Merck) besiyeri kullanılmıştır. Yayma kültürel sayım yöntemi ile ekim yapılan petrilere 37 °C’ da 24 saat inkübasyon sonunda, gelişme olmayan petrilere ise 48 saat sonunda gelişen 1-2 mm çaplı, kırmızımsı zon ile çevrelenmiş koyu kırmızı koloniler sayılmıştır. Sonuçlar “koloni oluşturan birim” kob/mL olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.2.9.4. Toplam Maya ve küf sayımı

Toplam maya-küf sayımı yayma kültürel sayım yöntemi kullanılarak PDA besiyerinde yapılmıştır. Petriler, mayalar için 28-30 °C’ da 72 saat, küfler için 28-30 °C’

da 4-6 gün inkübasyona bırakılmış ve daha sonra gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar “koloni oluşturan birim” kob/mL olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2014; Harrigan, 1998).

3.3. Fizikokimyasal Analizler

3.3.1. Örneklerin Hazırlanması

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin fizikokimyasal değerlerindeki değişimleri için örnekler hazırlanmıştır. Karşılaştırma için sınıflandırma kontrol, ultrasonikasyon uygulaması, Natamisin ve Natamisin+ultrasound olarak yapılmıştır. Örnekler steril koşullarda ve steril numune kabında hazırlanmıştır. Kontrol numunesi için steril numune kutusuna 50 ml meyve suyu örneği konulup işlemler yapılmıştır. Hazırlanan örnekler +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Üzüm meyve suyunun fizikokimyasal değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

3.3.2. Üzüm Suyunda pH Değerlerinin Tayini

pH değeri ölçülecek örneğin sıcaklığı +20 °C’ ye getirilmiştir. Elektrod örnek içine daldırılır. Alet ölçme konumuna getirilir. Gösterge sabitleştiğinde okunan değer kaydedilir. Sonuç virgülden sonra iki haneli verilmiştir. (Cemeroğlu, 2010; Sadler ve Murphya, 2010). Örneklerin pH analizi Hanna Instruments HI 2002 ph/orp cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.3.3. Çözünen Kuru Madde (Briks) Tayini

Çözünen kuru madde miktarı refraktometrik yöntemle belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010). Bu amaçla ATAGO marka RX-7000α model abbe refraktometresi kullanılmıştır. Ölçümler 20°C’de yapılmış ve sonuçlar °Briks olarak ifade edilmiştir.

3.3.4. Titrasyon Asitliği Tayini

Titrasyon asitliği örneklerin 0,1 N NaOH çözeltisi ile pH 8,1 noktasına kadar titrasyonu ile potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Tartılan 5 ml örnek saf su ile 50

ml'ye tamamlanarak süzüntüden 10 ml örnek alınmıştır. Sonuçlar g tartarik asit/100 mL meyve suyu cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği} = V \times E \times F \times 100 / M$$

Formülde yer alan;

V = Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (mL)

F = 0,1 N NaOH'ın faktörü

E = 1 mL 0,1 N NaOH'e eşdeğer olan susuz tartarik asit miktarı (0,0075 g)

M = Titrasyon için alınan örnek miktarı (Cemeroğlu, 2010).

3.3.5. Renk Tayini

Örneklerin renk analizi Renk Ölçüm Cihazı PCE-CSM 5 renk ölçer cihazı ve sıvı kabı kullanılarak yapılmıştır. Renk L (koyuluk-açıklık), a (yeşillik-kırmızılık), b (mavilik-sarıklık) renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir. Ölçümlerden önce cihaz kalibrasyon plakasıyla kalibre edilmiştir (Varela-Santos ve ark., 2012). Analiz verileri kullanılarak toplam renk değişimi $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ (Barba ve ark., 2013), renk yoğunluğu ölçmede kullanılan Chroma, $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (Fuleki ve Ricardo-da-Silva, 2003), yüzey renginin açısını belirten açısı h (hue angle) = $\tan^{-1}(b/a)$ (Park ve ark., 2003), renk indeksi (CI) = $(180-h)/(L-C)$ (Maier ve ark., 2009) olarak hesaplanır. Tüm analizler 3 paralelli olarak yapılmıştır.

3.3.6. Toplam Şeker Tayini

Şeker miktarı analizi volumetrik Lane-Eynon metodu ile gerçekleştirilmiştir. Lane Eynon yöntemine göre invert şeker tayini, invert şekerin Fehling çözeltisinde bulunan bakır-2 oksidi suda çözünmeyen bakır-1 okside indirgemesi ilkesine dayanır.

Gerekli Çözeltiler;

Carrez-I çözeltisi: 10,6 g potasyum ferrosiyanür trihidrat, 100 mL'lik bir ölçülü balonda, damıtık suda çözülür. Su ile işaret çizgisine tamamlanır ve iyice karıştırılır.

Carrez-II çözeltisi: Çinko asetat dihidrat'ın 21.9 g'ı 100 mL'lik ölçülü balonda yeterli miktarda damıtık su ile çözülür. 3 mL asetik asit ilave edilir ve su ile işaret çizgisine tamamlanır.

Fehling A çözeltisi; 69,278 g bakır sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 250 mL saf suda çözülerek 1 litrelik balonjojeye aktarılır. Hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanır. Çözelti süzildükten sonra kahverengi şişede ağzı sıkıca kapatılarak uzunca süre saklanabilir.

Fehling B çözeltisi; 346 g potasyum sodyum tartarat ($\text{KNa-tartarat} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (Merck 1.08087) tartılarak bir miktar saf suda çözülür. 100 g sodyum hidroksit (Merck 1.06498) tartılıp buda bir miktar saf suda çözülür ve iki çözelti birbiri ile karıştırılıp 1 litrelik hacme saf su ile tamamlanır. 48 saat beklendikten sonra süzülür.

%1'lik sulu metilen mavisi çözeltisi

Stok invert şeker çözeltisi, % 1'lik; 9,50 gr saf sakkaroz hassas olarak tartılarak litrelik ölçülü balonda 100 damıtık su ile çözülür. Çözeltiye, karıştırmak sureti ile 5 mL derişik HCl ($d=1,18 \text{ g/mL}$) ilave edilir. 20 - 25 °C sıcaklıkta 3 gün inversiyona tabi tutulur. Damıtık su ile yaklaşık 800 mL'ye seyreltilir. 2 g benzoik asit 75 mL sıcak suda çözülerek ilave edilir. 20 °C'de litreye tamamlanır, çalkalanarak karıştırılır.

Standart invert şeker çözeltisi, % 0,25'lik hazırlamak için: 200 mL'lik ölçü balonuna % 1'lik invert şeker çözeltisinden 50 mL alınır. 2 damla fenol ftalein damlatılarak soluk pembe renge kadar 1 N NaOH ile (yaklaşık 2,6 mL) nötrleştirilir. Sodyum hidroksit ilavesi sırasında çözelti hafifçe çalkalanarak karıştırılır. 1 - 2 damla 0,5 N HCl ilavesi ile pembe renk giderilir. 20 °C 'de 200 mL'ye tamamlanır.

Faktör tayini içim: Büret standart şeker çözeltisi ile doldurulur. Erlene Fehling A ve Fehling B çözeltilerinden 5 ml alınarak üzerine 25 ml saf su eklenir. Standart invert şeker çözeltisinden 15 ml erlene ilave edilir. Erlen, bek alevi üzerine koyulur. Çözelti, kaynamaya başladıktan sonra büretteki standart şeker çözeltisi titrasyon gerçekleştirilir. Kaynamaya başladıktan 2 dakika sonra 2-3 damla metilen mavisi damlatılır. Çözeltinin rengi mavi olduktan sonra büretteki çözelti ile titrasyona işlemine başlanır. Renk, maviden bakır kırmızısına döndüğü anda titrasyona son verilir. Harcanan hacim kaydedilir.

Hesaplama;

$F(K) = V \times \text{Harcanan standart şeker çözeltisinin ml'sinde bulunan mg eker}$

Burada; $F(K) = 5\text{ml Fehling A ve } 5\text{ ml Fehling B çözeltisini indirgeyen mg cinsinden invert şeker miktarı,}$

$V = \text{Titrasyonda harcanan standart şeker çözelti miktarı} + 15\text{ ml (titrasyon öncesi eklenen şeker çözeltisi miktarı)}$

Toplam şeker miktarı tayini;

25 mL veya g örnek alınarak 250 mL'lik balonjojeye aktarılır. Üzerine 50 mL damıtık su eklenir. Üzerine durultma amacıyla 5 mL Carez I ve 5 mL Carez II çözeltilerinden eklenerek iyice karıştırılır ve hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanır. 30 dak beklenir. 30 dak sonra 0,1 N NaOH ortamın pH 'sı 8 olana kadar eklenir. Çözelti filtre edilerek berrak çözelti elde edilir

Bu metoda göre, beher içerisine 25 ml üzüm suyu ayarlanmıştır. Daha sonra örnek balonjojeye alınarak 50 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. Üzerine durultma amacıyla 5 ml Carez 1, 5 ml Carez 2 eklenmiş ve 250 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır. 30 dk bekletilen çözelti filtre kağıdından süzölmüştür. 30 dk sonra 0,1 N NaOH ortamın pH 'sı 8 olana kadar eklenir. Çözelti filtre edilerek berrak çözelti elde edilir. Oluşan süzöntüden 50 ml alınarak 100 ml'lik balonjojeye doldurulmuştur. Üzerine 6 ml %25'lik HCl ilave edilmiş ve balon su banyosuna yerleştirilerek 67 °C'de 5 dk bekletilmiştir. Buzlu suda soğutma işlemi gerçekleştirilmiş ve sonra çözeltiye 1-2 damla fenolftalein damlatılıp 4 N NaOH ile renk çok açık pembe olana kadar nötrleştirilmiştir. Hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmış ve örnek bürete doldurulmuştur. Erlene 5'er ml Fehling A ve Fehling B koyularak üzerine 25 ml saf su eklenmiş ve 3 dakika içerisinde kaynatılmıştır. Kaynamanın 2. dakikasından sonra 2-3 damla %1'lik metilen mavisi damlatılmıştır. Numune ile kiremit kırmızısı renk oluşuncaya kadar titre edilerek sarfiyat not edilmiş ve hesaplama işlemleri yapılmıştır.

$$\text{Toplam Şeker(gr/l) (\%)} = \frac{V_2 \times F}{V \times V_1} \times 2$$

$V_2 = \text{Seyreltilmiş hacim(ml)}$

$V_1 = \text{Alınan örnek miktarı(ml)}$

$F = \text{Faktör}$

V = Titrasyonda büretten harcanan miktar (Cemeroğlu, 2010).

3.3.7. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini

Toplam monomerik antosiyanin tayini, pH diferansiyel metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem, antosiyaninlerin maksimum absorbans gösterdiği dalga boyundaki absorbans değerlerinin ortamın pH değerlerine göre değişiminin ölçümüne dayanmaktadır. Absorbans okumaları, SP-UV/VIS-300SRB spektrofotometresi kullanılarak, örneklerin maksimum absorbans verdiği dalga boylarında, saf suya karşı yapılmıştır. pH-diferansiyel metodunun ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre ortam pH 1,0 ve pH 4,5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. Yöntem son derece basit ve duyarlıdır. Ortamda antosiyanin parçalanma ürünlerinin, renkli polimerlerinin veya diğer interferans yapan bileşiklerin bulunması durumunda bile yöntem çok duyarlı sonuç vermektedir. Bu yöntemde kullanılan Potasyum klorür (KCl) tampon çözeltisi (0.025 M, pH:1,0) ve Sodyum asetat ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) tampon çözeltisi (0.4 M, pH:4,5) aşağıda belirtildiği şekilde hazırlanmıştır. Potasyum klorür (KCl) tampon çözeltisi (0.025 M, pH:1.0): 1,86 g KCl tartılıp üzerine 980 ml distile su eklenmiş ve konsantre HCl çözeltisi ile pH'sı 1,0'e ayarlanmıştır. Daha sonra 1 L'lik balon joje'ye aktararak distile su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Sodyum asetat ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) tampon çözeltisi (0,4 M, pH:4,5): 54,43 g sodyum asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) tartılmış ve 960 mL distile su ile çözündürülmüştür. Konsantre HCl çözeltisi ile pH'sı 4,5'e ayarlanmıştır. Daha sonra 1 L'lik balon joje'ye aktararak distile su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Üzüm suyu örneklerinden 1'er mL iki ayrı tüpe alınarak 1. Tüpe pH:1,0 tampon çözeltisi ve 2. Tüpe de pH:4,5'lik tampon çözeltiden 9'ar mL eklenmiştir. Vortekste karıştırılan seyreltik örnekler 15 dakika karanlıkta bekletilerek dengeye gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin absorbans değeri 510 nm'de ve 700 nm dalga boylarında suya karşı okunmuştur. Seyreltilmiş örneğin absorbans fark değeri aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

Toplam monomerik antosiyanin (mg/L) = $A_{\text{MW}} \cdot S_f \cdot 1000 / (\epsilon) \cdot l$

Burada;

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}} \text{ ve } A_{700}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}} \text{ ve } A_{700}})_{\text{pH } 4.5}$$

MW = malvidin-3-O-glikozit'in moleküler ağırlığı (MA): 493.5 g/mol

Sf = Seyreltme faktörü,

ϵ = malvidin-3-O-glikozit'in absorpsiyon katsayısı (28 000 L/(cm mol))

ℓ =Işık yolu (1 cm) (Cemeroğlu, 2010; Giusti ve Wrolstad, 2001).

3.3.8. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinin tayini

Antosiyaninler, birçok meyve ve sebzenin ve bunlardan elde edilen ürünlerin çekici renklerini oluşturmalarına karşın, bazı etkilerle parçalanmakta ve niteliklerini az veya çok kaybetmektedirler. Özellikle ısı işlem ve uygun olmayan sıcaklıklarda uzun süreli depolama gibi etkilerle antosiyaninlerde parçalanmalar görülmektedir. Meyve sularında uygulanan işlemlerde antosiyaninlerin parçalanmasının algılanması bazı ürünlerde gözle görülürken bazılarında ise dikkat edilememektedir. Parçalanma ürünlerinin polimerizasyonu ile bu defa esmer siyah renkli bileşikler oluşmaktadır. Bunun ölçülmesi ile “renk yoğunluğu” ve polimerik renk” değerlerinin tayini ile olmaktadır. Bu değerler yardımıyla üçüncü bir ölçüt olarak “polimerik renk yüzdesi” hesaplanmaktadır.

Bu yöntem de temel ilke, ortama sodyum bisüfit çözeltisi eklenince doğal haldeki monomerik antosiyaninler bisüfitle reaksiyona girerek renksiz bileşikler oluşmaktadır. Buna karşın polimerik antosiyanin-tanen kompleksleri ve melanoidin pigmentleri bisüfitlerin ağartma etkisine karşı koyarak renklerini korurlar. Bu esmer renkli bileşiklerin miktarı arttıkça 400–440 nm aralığında okunan absorbans değerlerinde artış olmaktadır. Bu nedenle; bisüfit uygulamaksızın Alvis-max dalga boyunda ve bisüfit uygulandıktan sonra 420 nm’de yapılacak okuma bu değerleri sonuçlara ulaşmamıza yardımcı olacaktır.

Örnekler toplam monomerik antosiyanin tayinindeki gibi önceden saptanan seyreltme faktörüne göre distile su ile seyreltilmiştir. İki ayrı spektrofotometre küvetinin her birine bu seyreltikten 2,8 mL alınmıştır. Küvetlerden birindeki seyreltik üzerine 0,2 mL bisüfit çözeltisi diğerine ise 0,2 mL damıtık su eklenip 15 dakika süreyle dengelenmeye bırakılmıştır. Bisüfit çözeltisinin eklenmesinden sonra 15 dakika ile 1 saat arasındaki zaman diliminde, her iki küvetteki çözeltinin absorbansı; 420 nm, Alvis-max ve 700 nm dalga boylarında ölçülmüştür, ölçmeler damıtık suya karşı yapılmıştır. Renk yoğunluğu; Bisüfit uygulanmamış küvette bulunan örneğin okunan absorbans değeri

yardımla hesaplanmıştır. Absorbans ölçümlerinde SP-UV/VIS-300SRB spektrofotometre cihazı kullanılmıştır.

Çözeltiler;

Potasyum klorür tampon çözeltisi (0,025 M, pH 1): 1,86 g KCl tartılmış ve üzerine 980 mL distile su eklenip karıştırıldıktan sonra yoğun HCl ile pH değeri 1 ayarlanmıştır. Ardından 1 L olacak şekilde hacmine distile su ile tamamlanmıştır.

Sodyum asetat tampon çözeltisi (0,4 M, pH 4,5): 54,43 g sodyum asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) tartılmış ve üzerine yaklaşık 960 mL damıtık su eklenip karıştırıldıktan sonra yoğun HCl ile pH derecesi 4,5'a ayarlanmıştır. Ardından çözelti 1 L olacak şekilde hacmine distile su ile tamamlanmıştır.

Bisülfid çözeltisi: 1 g potasyum metabisülfid ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 5 mL damıtık su içinde çözündürülerek hazırlanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

Hesaplamalar;

$$\text{Renk Yoğunluğu} = [(A_{\text{vis-max}} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})] (\text{Sf})$$

Polimerik renk; Bisülfid uygulanmış küvette bulunan örneğin absorbans değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Polimerik Renk} = [(A_{\text{vis-max}} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})] (\text{Sf})$$

Polimerik renk oranı (yüzdesi): Polimerik renk oranı; polimerik rengin, renk yoğunluğuna oranı olarak tanımlanmaktadır. Hiçbir işlem görmemiş taze meyve ve sebze sularında bu oran genellikle %10' un altındadır. Bu değer arttıkça, monomerik antosiyaninlerin parçalandığı ve esmer renkli pigmentlerin arttığı, kısaca doğal rengin bozulduğu anlaşılır. “polimerik rengin”, renk yoğunluğuna oranı” olarak tanımlanmış ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

Polimerik renk oranı (%) = Polimerik renk/Renk yoğunluğu $\times 100$ (Giusti ve Wrolstad, 2001).

3.3.9. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu metodu ile spektrofotometrik olarak yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Fenolik

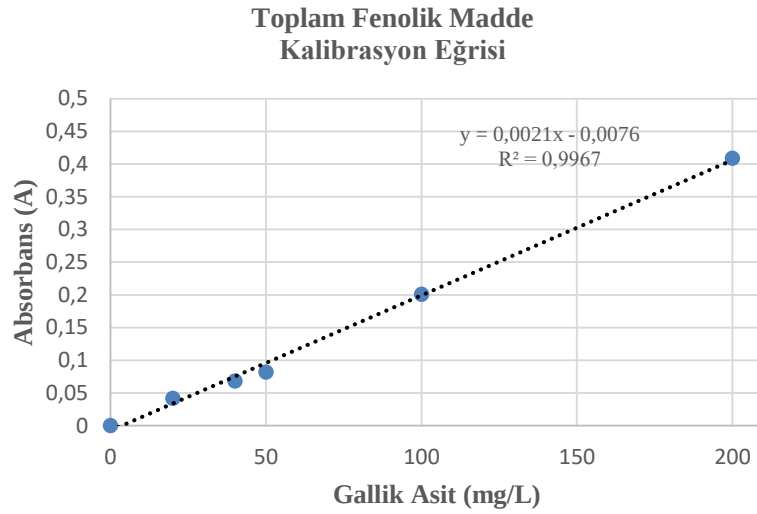
bileşikler bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayracını indirgeyip kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştürür. Folin-Ciocalteu ayracı bu redoks reaksiyonunda oksitleyici bir bileşik olarak rol almaktadır. Reaksiyon sonucunda indirgenmiş ayracın oluşturduğu mavi rengin fotometrik olarak ölçülmesiyle, analizi yapılan örnekteki fenolik bileşiklerin toplam miktarlarının hesaplanması mümkün olmaktadır.

Çözeltiler;

%20'lik Doymuş sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi: 20 g Na_2CO_3 üzerine, 100 mL su ekledikten sonra 70-80 °C' ye ısıtılarak ve karıştırılarak çözündürülür. Soğuması için bir gece kendi haline bırakılır. Bu şekilde aşırı doymuş çözeltiye, birkaç $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristali eklenerek, kristalizasyon başlatılır. Kristalizasyon sona erince, çözelti cam yünüden süzülerek doymuş sodyum karbonat çözeltisi elde edilir.

Gallik asit standart: Hazır olarak satın alınmıştır

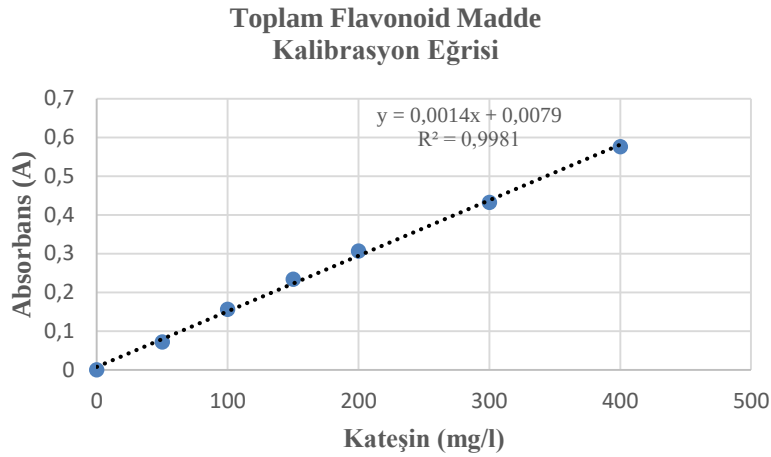
Üzüm suyundan 0,1 mL alınarak üzerine 4,5 ml saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra örnek üzerine 0,1 mL Folin-Ciocalteu ayracı konulmuş, homojen hale gelmesi amacıyla 1 dakika vortekste karıştırılmış, 3 dakika bekletilmiştir. Üzerine 0,3 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi eklenmiş ve yine vortekste iyice karıştırılmıştır. Reaksiyonun tamamlanması için 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda, SP-UV/VIS-300SRB spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda örneklerin verdikleri absorbanslar okunmuştur. Standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılmıştır. Önce standart grafik oluşturmak amacıyla beş farklı konsantrasyonlarda hazırlanan gallik asit çözeltisinden (0,1-0,5 mg/ml) tüplere alınarak hacmi 1 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır. Aynı işlemler uygulanarak 765 nm dalga boyunda ölçümler yapılmıştır. Bu absorbans değerleri gallik asit konsantrasyonlarına karşı bir grafiğe aktarılmış ve elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanarak gallik asit standart eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örnekler için elde edilen absorbans değerleri gallik asit standart eğrisini tanımlayan regresyon eşitliğinde yerine konularak fenolik bileşik miktarı gallik asit cinsinden hesaplanmıştır. Bu değerler, uygulanan seyreltme oranları ile çarpılarak örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı saptanmıştır. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir. (Şekil 11)



Şekil 11. Toplam fenolik madde GAE (mg/l) kalibrasyon grafiği

3.3.10. Toplam flavonoid madde tayini

Toplam flavonoid içeriği, alüminyum klorür kolorimetrik analiz metoduyla gerçekleştirilmiştir. 4 mL çift damıtılmış su içeren 10 mL'lik bir volümetrik şişeye bir miktar (1 mL) ekstraler veya 5 mg kateşin 1 mL % 80'lik etil alkol içerisinde çözülmüş, 50, 100, 150, 200, 300, 400 mg/l'ye seyreltilmiş olarak ilave edildi. Daha sonra şişeye 0.3 mL% 5 NaNO₂ eklenmiş ve 5 dakika sonra 0.3 mL AlCl₃ (% 10) ilave edilmiştir. 6. dakikada 2 mL NaOH (1 M) eklenmiş ve toplam hacim, iki kez damıtılmış su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Çözelti tamamen karıştırılmış ve absorbans seviyesi 510 nm'de hazırlanan hazırlayıcı boşluğa karşı ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği, litre başına mg kateşin eşdeğerleri (CE) olarak ifade edilmiştir (Zhishen ve ark., 1999). Toplam flavonoid analizi için, deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Sonuçlar standart kalibrasyon eğrisi ile bulunmuştur. (Şekil 12)



Şekil 12. Toplam flavonoid madde CE (mg/l) kalibrasyon grafiği

3.3.11. Toplam antioksidan kapasite tayini (TEAC)

ABTS.+ radikal katyonu yakalama aktivitesi tayini için kullanılan trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) yöntemi gıdalarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yöntem, yapay bir bileşik ve suda çözünür E vitamin türevi olan TROLOX' un (6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2 karboik asit) antioksidatif kapasitesi ile analiz örneğinin antioksidatif kapasitesinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. ABTS' den (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) hazırlanan çözeltiye potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) eklenmesi uzun ömürlü ABTS*+ radikal katyonunu oluşturur. Bu katyon maksimum absorbansını 734 nm dalga boyunda göstermektedir. Antioksidan etkisi ile bu katyon parçalanır ve koyu mavi renkli çözelti rengi açılır. Örnek çözeltisindeki renk açılması antioksidatif kapasitesinin bir ölçütüdür ve Trolox Eşdeğeri (TEAC) olarak ifade edilir.

Fosfat tampon çözeltisi (50 mmol/L): 7.14 g (41 mmol) dipotasyumhidrojenfosfat ve 1,23 g (9 mmol) potasyumdihidrojenfosfat su ile çözülür ve 1 litreye tamamlanır. Çözeltinin pH değeri 7.2-7.4 arasında olmalıdır.

ABTS stok çözeltisi (7000 μ mol/L): 77 mg ABTS 20 mL' lik ölçülü balon içinde fosfat tampon çözeltisi ile çözülür. Küçük bir behere 13 mg potasyum persülfat tartılır, bir miktar fosfat tampon çözeltisi ile ultra titreşimli su banyosunda çözülür ve ABTS çözeltisi üzerine eklenir. Ölçülü balon fosfat tampon çözeltisi ile çizgisine tamamlanır ve balon alüminyum folyo ile sarılır. Koyu renkli bir kompleks olan ABTS*+ radikal

katyonu oluşturmak için bu çözelti oda sıcaklığında bir gece beklemeye bırakılır. Oluşan ABTS stok çözeltisi ışıktan korunursa dayama süresi en çok 5 gündür.

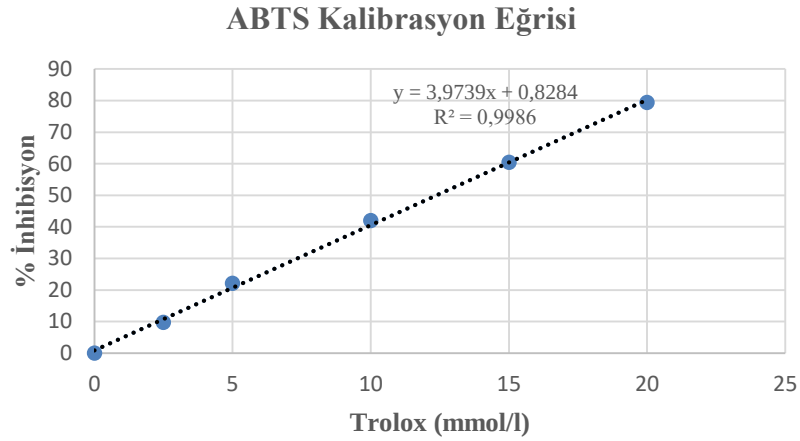
ABTS analiz çözeltisi ($\sim 140 \mu\text{mol/L}$): ABTS stok çözeltisi, absorbens değeri 0.7-0.8 arasında olacak şekilde seyreltilir (seyreltme oranı 1:50-1:70 arasında). Bu çözelti her gün yeniden hazırlanmalı ve alüminyum folyo ile sarılarak ışıktan korunmalıdır. Eğer berrak değil ise katlı bir filtre kağıdından geçirilmelidir. Çözelti hazırlandıktan hemen sonra kullanılmalıdır.

TROLOKS stok çözeltisi (2,5 mmol/L): 32 mg TROLOX küçük bir behere tartılır, çözünmesi için üzerine birkaç mililitre etilalkol eklenir. Beher içeriği 50 mL' lik ölçülü balona eksiksiz aktarılır ve fosfat tampon çözeltisi ile balon çizgisine tamamlanır.

Üzüm suyundan 5 mL alınarak bir behere aktarılmıştır, üzerine yaklaşık 80 mL fosfat tampon ilave edildikten sonra örneğin pH değeri 0,1 N NaOH ile 7,2-7,4 aralığına ayarlanmıştır ve pH ayarlaması yapılan bu örnek eksik olmayacak şekilde 100 mL' lik ölçülü balona aktarılmış, balon çizgisine fosfat tampon ile tamamlanmıştır. Seyreltmeden kaynaklanabilecek hataları azaltmak amacıyla örneğe ikinci bir seyreltme daha uygulanmıştır. 100 mL' lik ölçülü balonda bulunan seyreltiden 2,5 mL örnek alınarak 25 mL' lik ölçülü balona aktarılmış ve balon çizgisine fosfat tampon ile tamamlanmıştır. Bu şekilde analizde kullanılacak örneklere toplamda 200 kat seyreltme uygulanmıştır.

Şahit numune; 1900 μL ABTS analiz çözeltisi + 100 μL fosfat tampon çözeltisi ile oluşturulmuştur. Analiz örneği: 1900 μL ABTS analiz çözeltisi + 100 μL örnek çözeltisi hazırlanmıştır.

Kalibrasyon Eğrisini çizebilmek amacıyla; 50 mL' lik ölçülü balonlara sıra ile 2,5; 5; 10; 15; 20; 8 mL TROLOX stok çözeltisi pipetlenir ve fosfat tampon çözeltisi ile balonlar çizgisine tamamlanır (0.050-0.400 mmol/L). Değerlerin regresyon eğrisi($y=3,9739x+0,8284$) çizilerek hesaplama yapılmıştır (Cemeroğlu, 2010). (Şekil 13)



Şekil 13. ABTS*+ radikalinin Troloks standardına ait % inhibisyon eğrisi

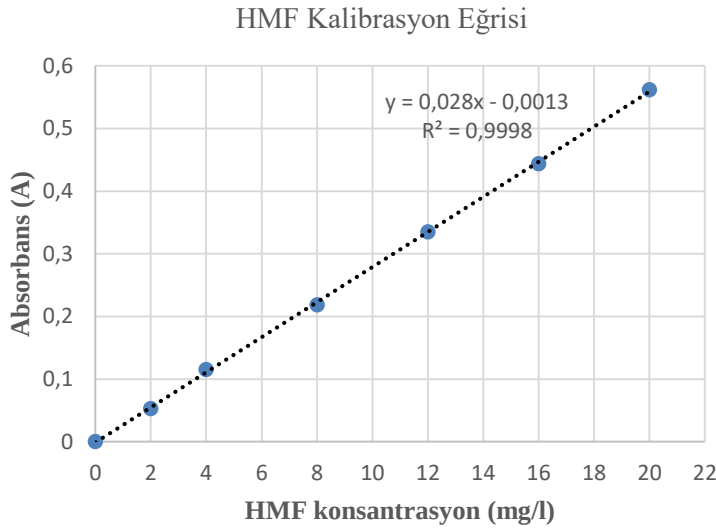
3.3.12. Hidroksimetil furfural (HMF) miktarı tayini

Yöntemin temeli, HMF'nin barbitürük asit ve p-toluen ile reaksiyona girerek kırmızı renkli bileşik oluşturması ve oluşan rengin yoğunluğunun kolorimetrik yöntemle ölçülmesine dayanır.

p-toluidin çözeltisi (10 g/100 mL): 10 g p-toluidin tartılıp yaklaşık 50 mL isopropanol ile 100 mL'lik balon jojeye aktarılmıştır. Ardından 10 mL glasiel asetik asit eklenerek çözündürüldükten sonra balon isopropanol ile hacim çizgisine kadar tamamlanmıştır.

Üzüm suyu örneğinden 2'şer mL alınarak 2 farklı cam tüpe aktarılmış ardından üzerine 5'er mL p-toluidin çözeltisi ilave edilmiştir. Tüplerdeki karışım vorteks ile karıştırıldıktan sonra tüplerden şahit olarak kullanılabilecek 1 mL distile su, ikinci tüpe ise 1 mL barbitürük asit çözeltisi eklenmiştir. Tüpler tekrar vorteks ile karıştırıldıktan sonra, barbitürük asit çözeltisi eklenmiş tüp içeriği, şahit olarak hazırlanan tüp içeriğine karşı spektrofotometrede 550 nm'de maksimum absorpsiyon yaptığı süreye kadar beklendikten sonra kaydedilmiştir. Standard kurve HMF'nin 5, 10, 15, 20, 25 mg/L konsantrasyondaki çözeltileri kullanarak hazırlanmış ve elde edilen denklem aşağıda verilmiştir (Cemeroğlu, 2010). (Şekil 14)

$$y = 0,027x - 0,001, R^2 = 0,999 \text{ (x = konsantrasyon (mg/L), y = abs)}$$



Şekil 14. HMF kalibrasyon eğrisi grafiği

3.4. Duyusal Analizler

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin duyusal analizi için örnekler hazırlanmıştır. Karşılaştırma için sınıflandırma kontrol, ultrasound uygulaması, natamisin ve natamisin +ultrasound olarak yapılmıştır. Örnekler steril koşullarda ve steril numune kabında hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Üzüm meyve suyunun duyusal değerlendirilmesi 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) yapılmıştır. Duyusal analizler 1-5 puanlamaya göre formda gösterildiği şekilde yapılmıştır. Duyusal analizler yaşları 18-22 arasında değişen 10 panelistlerce kalite-kantite testi olan puanlama testi ile yapılmıştır (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2001).

3.5. Küf Suşuna (*Botrytis cinerea*) Ultrasound Uygulanması Sonucunda Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM, Scanning Elektron Microscopy) Görüntü Analizi

Küf suşunun (*Botrytis cinerea*) SEM ile görüntü analizi Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında FEI-QUANTA FEG 250 marka cihazda yapıldı. +4 °C’de depo edilmiş canlandırma ve çoğaltma işleminden sonra elde edilmiş olan *Botrytis cinerea* PDA üzerinden alınarak 50 ml’lik steril saf su içeren tüpe aktarıldı ve vortekslendi. Küf örnek 1 dk, 2 dk, 3 dk, 5 dk, 10 dk ve 15 dk olmak üzere 60

amplitütünde ultrasound uygulamasına tabi tutulmuştur. Muameleden sonra örnek alınarak 2 ml'lik steril santrifüj tüpüne aktarıldı. Santrifüjleme işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjleme sonucunda dipte çöken küf sporları üzerindeki su steril bir uç takılı mikropipet yardımı ile alındı. Tüp tabanında kalan sporların kuruması için normal oda sıcaklığında 48-72 saat bekletilerek kurutuldu. Kurutulma sonucunda dipte kalan küf sporları steril bir öze yardımıyla kazındı ve metal bir plaka üzerine yerleştirildi. Daha sonra metal plaka elektron mikroskobuna yerleştirildi ve görüntü çekimi (10, 20 μm) yapıldı.

3.6. İstatistiksel Analizler

Çalışmanın istatistik analizleri SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A) ve GraphPad Prism 7.0 programında yapılmıştır. One-way ANOVA çoklu karşılaştırma-Tukey testiyle karşılaştırılmıştır. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. K f İnoküle Edilmiş  z m Suyu  rneklerinin Natamisine Karşı Etkisinin ve Zamanla Değişimi

Botrytis cinerea inoküle edilmiş üzüm suyu örneklerinin farklı konsantrasyonda kullanılan natamisin antifungalının hangi tüplerde ne kadar bulunduğu Tablo 3’de aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. Farklı konsantrasyonlarda kullanılan natamisin miktarı ve harflendirilmesi

T�P HARFLERİ	NATAMİSİN MİKTARI (ppm)
A	50
B	25
C	12,5
D	6,25
E	3,13
F	1,56
G	0,78
H	0,39
J	0,2
K	0,1
L	0,05
M	0,02

Tüpler içerisindeki küflerin zamanla natamisin ile etkileşimi incelenmiştir. Etkileşim  z m suyu yüzeyinde oluşan k f halkalarına ve ekim sonucunda koloni sayımlarına göre değerlendirilmiştir. G zlemlleme bir aylık süre ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol zamanları olarak 1, 7, 14, 21 ve 30’uncu günler olarak yapılmıştır. Yapılan g zlemlleme sonucunda natamisine karşı *Botrytis cinerea* küfünün logaritmik değişimi Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Üzüm suyuna inoküle edilmiş *Botrytis cinerea* için kullanılan tüplerde koloni sayılarının log (kob/ml) zamanla değişimine ait varyans analizi sonuçları

Tüpler	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,149	0,037	8,970	0,002
A	0,090	0,023	0,587	0,679
B	0,161	0,040	3,473	0,050
C	0,096	0,024	5,751	0,011
D	1,260	0,315	17,744	0,000
E	0,454	0,113	3,775	0,040
F	0,360	0,090	5,975	0,010
G	0,267	0,067	6,611	0,007
H	0,205	0,051	26,271	0,000
J	0,221	0,055	15,328	0,000
K	0,149	0,037	8,976	0,002
L	0,202	0,051	0,091	0,983
M	0,112	0,028	1,859	0,194

Anlamlılık istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

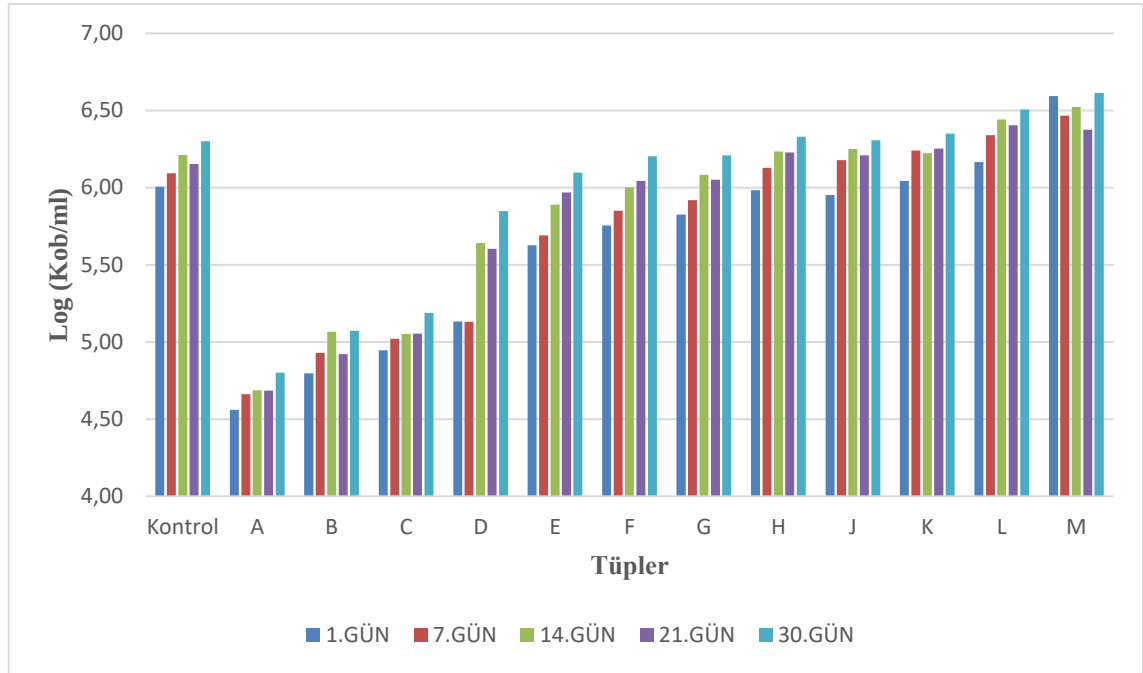
Tablo 5. Üzüm suyuna inoküle edilmiş *Botrytis cinerea* için kullanılan tüplerde koloni sayılarındaki logaritmik değişim (kob/ml)

Tüpler	1.GÜN	FARK	7.GÜN	FARK	14.GÜN	FARK	21.GÜN	FARK	30.GÜN	FARK
Kontrol	6,01 ±0,02 ^a	0,00	6,09 ±0,08 ^{ab}	0,09	6,21 ±0,04 ^{bc}	0,21	6,15 ±0,1 ^{abc}	0,15	6,30 ±0,05 ^c	0,30
A	4,56 ±0,23 ^a	1,44	4,66 ±0,25 ^a	1,34	4,69 ±0,27 ^a	1,32	4,68 ±0,06 ^a	1,32	4,80 ±0,05 ^a	1,21
B	4,80 ±0,09 ^a	1,21	4,93 ±0,04 ^a	1,08	5,07 ±0,09 ^a	0,94	4,92 ±0,015 ^a	1,09	5,07 ±0,13 ^a	0,93
C	4,95 ±0,04 ^a	1,06	5,02 ±0,12 ^{ab}	0,98	5,05 ±0,04 ^{ab}	0,95	5,05 ±0,05 ^{ab}	0,95	5,19 ±0,03 ^b	0,82
D	5,13 ±0,1 ^a	0,87	5,13 ±0,03 ^a	0,87	5,64 ±0,18 ^b	0,36	5,60 ±0,21 ^b	0,40	5,85 ±0,02 ^b	0,16
E	5,63 ±0,29 ^a	0,38	5,69 ±0,24 ^{ab}	0,31	5,89 ±0,07 ^{ab}	0,12	5,97 ±0,02 ^{ab}	0,04	6,10 ±0,07 ^b	-0,09
F	5,76 ±0,19 ^a	0,25	5,85 ±0,06 ^a	0,15	6,00 ±0,14 ^{ab}	0,00	6,04 ±0,12 ^{ab}	-0,04	6,20 ±0,04 ^b	-0,20
G	5,83 ±0,015 ^a	0,18	5,92 ±0,08 ^a	0,09	6,08 ±0,09 ^{ab}	-0,08	6,05 ±0,11 ^{ab}	-0,05	6,21 ±0,05 ^b	-0,20
H	5,98 ±0,06 ^a	0,02	6,13 ±0,04 ^b	-0,12	6,23 ±0,06 ^{bc}	-0,23	6,23 ±0,03 ^{bc}	-0,22	6,33 ±0,03 ^c	-0,32
J	5,95 ±0,12 ^a	0,05	6,18 ±0,03 ^b	-0,17	6,25 ±0,01 ^b	-0,25	6,21 ±0,05 ^b	-0,20	6,31 ±0,04 ^b	-0,30
K	6,04 ±0,04 ^a	-0,04	6,24 ±0,02 ^b	-0,23	6,22 ±0,06 ^b	-0,22	6,25 ±0,09 ^b	-0,25	6,35 ±0,09 ^b	-0,34
L	6,17 ±1,6 ^a	-0,16	6,34 ±0,1 ^a	-0,33	6,44 ±0,0 ^a	-0,44	6,40 ±0,0 ^a	-0,40	6,51 ±0,3 ^a	-0,50
M	6,59 ±0,03 ^a	-0,59	6,47 ±0,08 ^a	-0,46	6,52 ±0,16 ^a	-0,52	6,38 ±0,08 ^a	-0,37	6,61 ±0,19 ^a	-0,61

Aynı satırda yer alan farklı harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 4 ve Tablo 5 incelendiğinde kontrol örneğinde zamanla 30. gün ile 1. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). C tüpünde natamisin uygulamasında zamanla 1. gün ile 30. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). B, L ve M tüplerinde *Botrytis cinerea* küfünün zamanla logaritmik olarak değişimde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı bulunmuştur

($p>0.05$). K tüpü incelendiğinde 1. gün ile diğer günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). E tüpünde 1. gün ile 30. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 15. Üzüm suyuna inoküle edilmiş *Botrytis cinerea* için kullanılan tüplerde koloni sayılarındaki logaritmik değişim (kob/ml)

Tablo 5 ve Şekil 15 incelendiğinde 1. gün sonunda tüpler incelendiğinde logaritmik azalışta J tüpüne kadar belirli bir etki gözlemlenirken A ve B tüplerinde sırasıyla 1,44 log (kob/ml) ve 1,21 log (kob/ml) bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bir hafta sonra yapılan incelemede ise H tüpüne kadar etkinin devam ettiği tespit edilmiştir. İkinci haftanın sonunda A tüpünde logaritmik olarak azalmanın 1,32 log (kob/ml) olduğu tespit edilmiştir. 21. günün de ise A, B, C, D, E tüplerindeki antifungal etkisinin devam ettiği gözlemlenmiştir. Bir aylık incelemenin sonunda ise A, B, C ve D tüplerindeki natamisin miktarının daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Gözlemlene deneylerinde ise yüzeyde oluşan küf halkalarında ise zamanda E-M tüpleri aralığında halka kalınlığının arttığı gözlemlenmiştir.

4.2. *Botrytis cinerea*'nın Farklı Konsantrasyondaki Natamisin Antifungalına Karşı Etkisinin Disk Difüzyon Yöntemi İle Belirlenmesi

Kullanılan maddenin kimyasal özelliği difüze olma yüzdesini veya zamanını etkileyebilmekte bu durum da deney sonuçlarında etkili olabilmektedir. İnkübasyon süresi sonunda, kullanılan madde etkili ise disk etrafında belirgin biçimde üremenin olmadığı inhibisyon zonları oluşmakta ve zonlarının çapları antifungal maddenin artan ya da azalan konsantrasyonlarıyla doğru orantılı olarak değişmektedir. *Botrytis cinerea* suşunun farklı konsantrasyondaki natamisin uygulamasına karşı etkisinin disk difüzyon yöntemi ile belirlenmesinde zamanla disk çevresinde oluşan inhibisyon bölgesinde meydana getirdiği etki oluşumu gözlemlenmiştir. Disk içerisinde kullanılan natamisin konsantrasyonları ayarlanarak Tablo 6'da miktarları verilmiştir.

Tablo 6. Disk difüzyonunda kullanılan farklı konsantrasyonlarda natamisin miktarları ve kodları

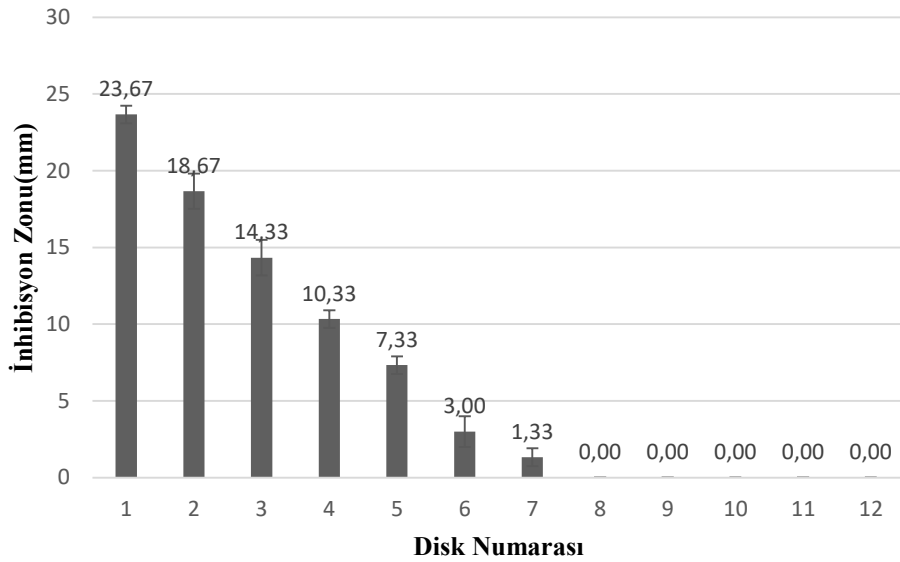
DİSK NUMARASI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NATAMİSİN MİKTARI (ppm)	50,00	25,00	12,50	6,25	3,13	1,56	0,78	0,39	0,20	0,10	0,05	0,02

Tablo 7. Farklı konsantrasyonlardaki natamisinin *Botrytis cinerea* üzerindeki inhibisyon zonu(mm) miktarları

Disk Numarası	İnhibisyon Zonu(mm)
1	23,67±0,58
2	18,67±1,15
3	14,33±1,15
4	10,33±0,58
5	7,33±0,58
6	3,00±0,58
7	1,33±0,58
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,00

Tablo 6, Tablo 7 ve Şekil 16 incelendiğinde farklı konsantrasyonlarda yapılan disk difüzyon testinde zamanla oluşan inhibisyon zonları incelendiğinde 1 numaralı disk çevresinde ortalama 23,67 mm zon oluşumu gözlemlenmiştir. Natamisin miktarı olarak 25 ppm kullanılan 2 numaralı disk çevresinde 18,67 mm zon oluşumu tespit edilmiştir.

Natamisin konsantrasyonunun azalması ile orantılı olarak inhibisyon zonu oluşumu gittikçe azalmaktadır. Disklerde 8-12 numara aralığında *Botrytis cinerea* için antifungalın herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir. Natamisin miktarlarında 6 ve 7 numaralı disklerde etkisinin çok az olduğu görülmüştür. Genel olarak bakıldığında ise 50 ppm, 25 ppm ve 12,5 ppm natamisin miktarlarının güçlü bir inhibisyon zonu oluşturduğu tespit edilmiştir.



Şekil 16. *Botrytis cinerea* için kullanılan farklı konsantrasyonlardaki natamisin inhibisyon etkisi (mm)

4.3. Ultrasonikatör Cihazının *Botrytis cinerea* Üzerine Farklı Amplitutelerde ve Zamanlarda Etkileri

Botrytis cinerea küf suşunun ultrasound alan uygulama ile ne kadar süre muamele edileceği, ne kadar amplitude maruz bırakılacağı konusunda ön çalışma ile tespit edilmeye ve etkileri incelenmiştir. Bu amaçla önce elektriksel alan uygulama cihazımızda kullanılmak üzere %0,85'lik fizyolojik tuzlu su kullanılarak 1 dk, 5 dk, 10 dk ve 15 dk olmak üzere 40 Ampitude, 50 Ampitude, 60 Ampitude, 70 Ampitude ve 80 Ampitude muamele edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda farklı zaman ve amplitutelerin *Botrytis cinerea* suşu üzerindeki etkileri istatistiksel olarak ve kontrol numunesine göre logaritmik (kob/ml) azalma Tablo 10 ve Şekil 17'de verilmiştir.

Tablo 8. Farklı amplitutelerdeki ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,010	0,003	0,503	0,691
40 Amplitude	0,030	0,010	1,655	0,253
50 Amplitude	0,023	0,008	1,704	0,243
60 Amplitude	2,999	1,000	37,057	0,000
70 Amplitude	4,340	1,447	195,518	0,000
80 Amplitude	2,352	0,784	25,158	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

İncelenen örneklerde 60, 70 ve 80 amplitudeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). İncelenen örnekler zamanla kıyaslandığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 8 ve Tablo 9)

(Tablo 8)

Tablo 9. Farklı zamanlarda ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Zaman (dk)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,594	0,119	5,334	0,008
5	8,078	1,616	129,773	0,000
10	10,334	2,067	296,908	0,000
15	11,335	2,267	165,334	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ultrasound uygulamasında 60 amplitude uygulamasında kontrol örneğine göre zamanla 0,27 log (kob/ml) ile 1,54 log (kob/ml) arasında bir azalma olduğu ve 1. dakika ile diğer zamanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Muamele sonunda 70 amplitude ve 80 amplitude uygulamaların zamanla değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound uygulamasında 40 amplitude ve 50 amplitude uygulamaları sonunda zamanla değişiminde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) ve uygulama zamanı ile kontrol numunesine göre logaritmik azalma orantılı olarak artışı tespit edilmiştir.

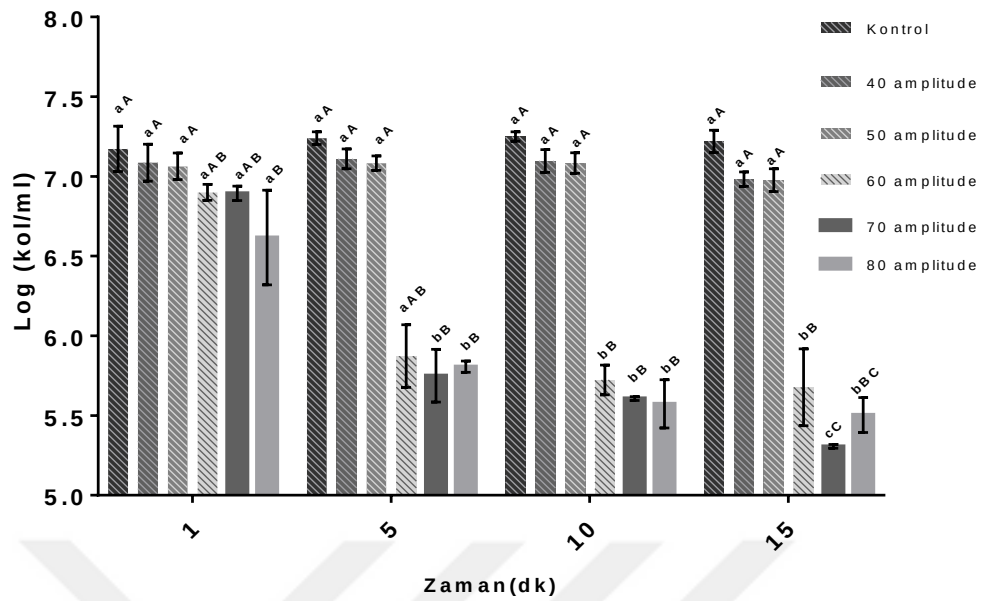
Tablo 10. *Botrytis cinerea* üzerine farklı zamanlarda ve farklı amplitude ultrasound uygulamalarına ait değişim (log (kob/ml))

Zaman(dk)	Kontrol	Amplitude									
		40	Log Fark	50	Log Fark	60	Log Fark	70	Log Fark	80	Log Fark
1	7,17±0,14 ^{aA}	7,09±0,12 ^{aA}	0,09	7,06±0,08 ^{aA}	0,11	6,90±0,05 ^{aAB}	0,27	6,89±0,04 ^{aAB}	0,19	6,62±0,3 ^{aB}	0,56
5	7,24±0,04 ^{aA}	7,11±0,06 ^{aA}	0,13	7,08±0,04 ^{aA}	0,16	5,88±0,2 ^{bB}	1,37	5,75±0,16 ^{bB}	1,36	5,81±0,03 ^{bB}	1,44
10	7,25±0,03 ^{aA}	7,10±0,07 ^{aA}	0,15	7,08±0,06 ^{aA}	0,17	5,73±0,09 ^{bB}	1,52	5,61±0,01 ^{bB}	1,49	5,57±0,15 ^{bB}	1,67
15	7,22±0,07 ^{aA}	6,99±0,04 ^{aA}	0,23	6,98±0,07 ^{aA}	0,24	5,68±0,24 ^{bB}	1,54	5,31±0,01 ^{cC}	1,68	5,51±0,11 ^{bBC}	1,71

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ultrasound uygulamasında 40 amplitude ve 50 amplitude arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı ($p>0.05$), fakat 80 amplitude arasında zamanla istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Uygulamada 5. dakika ve 10. dakika muamele ile 60 amplitude, 70 amplitude ve 80 amplitude arasında logaritmik azalma değişiminde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Kontrol örneğine göre 15. dakika uygulamada, 40 amplitude ve 50 amplitudeye göre *Botrytis cinerea* suşu üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Kontrol numunesi ile kıyaslandığında en düşük log 0,09 log (kob/ml), en yüksek fark ise 1,71 log (kob/ml) olarak tespit edilmiştir. Farklı zaman ve farklı amplitude uygulama sonunda *Botrytis cinerea* üzerinde kontrol örneğine göre azalmalar incelendiğinde amplitude arttıkça ve süre arttıkça etkinin arttığı tespit edilmiştir. Yapılan uygulamalar sonunda amplitude miktarı arttıkça ultasonikatörün güç (watt) ve örnek üzerinde ısı artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Zaman ve amplitude uygulaması sırasında yapılan sıcaklık ölçümleri, güç dengesi ve logaritmik azalmalar dikkate alındığında 5 dakika, 80 W, 26 kHz ve 60 amplitude uygulaması ile çalışmaya devam edilmesi kararı alınmıştır.



Şekil 17. *Botrytis cinerea* üzerine farklı zamanlarda ve farklı amplitude ultrasound uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)

4.4. Ultrasound ve Natamisin ile Muamelesinin Zamanla Küf İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etkileri

Botrytis cinerea suşu inoküle edilmiş üzüm suyuna ultrasound ve natamisin etkileri değerlendirilmiştir. Natamisin miktarı olarak araştırma sonuçlarına istinaden 12,5 ppm natamisin ve 5 dakika, 80 W, 26 kHz ve 60 amplitude ultrasound kullanılmış ve sonucunda küf sporlarının inaktivasyon oranı logaritmik olarak gözlemlenmiştir. (Tablo 13 ve Şekil 18)

Tablo 11. Natamisin ve ultrasound uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,042	0,011	3,546	0,048
Natamisin	0,059	0,015	2,500	0,109
Ultrasound	0,004	0,001	0,142	0,963
Natamisin+Ultrasound	0,097	0,024	2,872	0,080

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile natamisin+ultrasound uygulaması arasında 1. gün ile 30. gün depolama süresinde logaritmik değişimlerinde istatistiksel

olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca natamisin, ultrasound, natamisin+ ultrasound uygulamaları arasında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$). (Tablo 11)

Tablo 12. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının zamanla değişimine ait varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	5,00	1,67	221,15	0,000
7	4,83	1,61	211,38	0,000
14	4,99	1,66	217,62	0,000
21	4,70	1,57	716,58	0,000
30	4,89	1,63	371,64	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda günler arasında kontrol, natamisin, ultrasound, natamisin+ ultrasound uygulamaları logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 12)

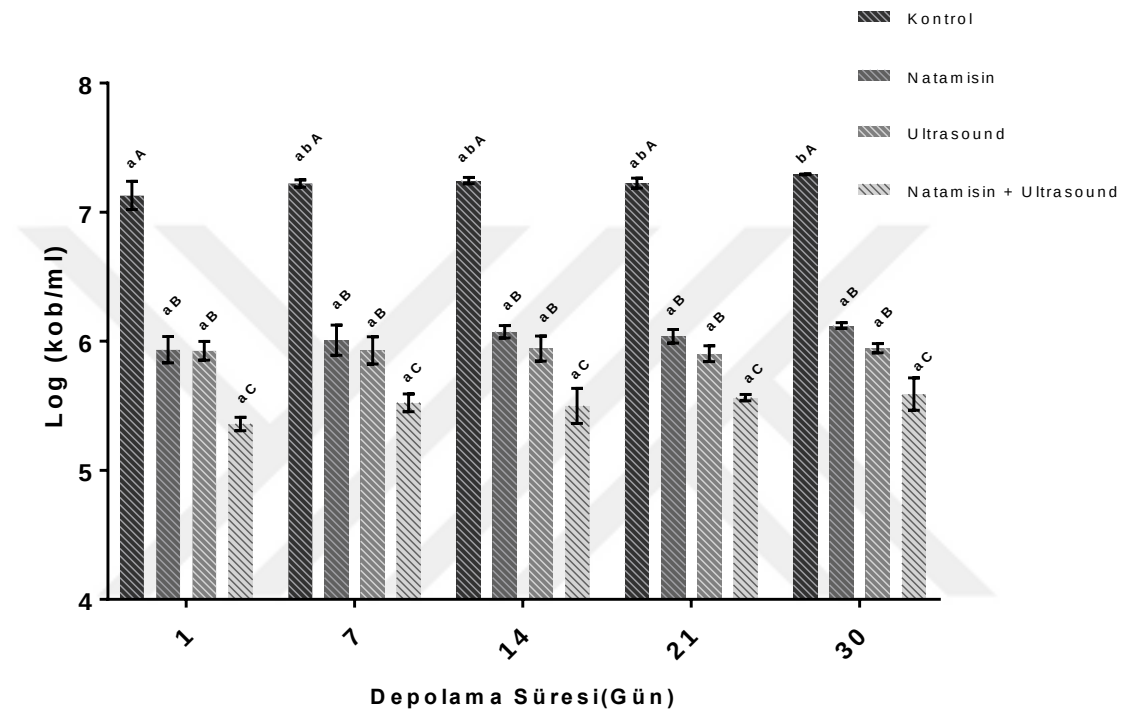
Tablo 13. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının zamanla değişim sonuçları (log (kob/ml))

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Log Fark	Ultrasound	Log Fark	Natamisin + Ultrasound	Log Fark
1	7,13±0,11 ^{aA}	5,94±0,10 ^{aB}	1,19	5,93±0,07 ^{aB}	1,20	5,36±0,05 ^{aC}	1,77
7	7,22±0,03 ^{abA}	6,01±0,12 ^{aB}	1,22	5,93±0,11 ^{aB}	1,29	5,52±0,07 ^{aC}	1,70
14	7,25±0,02 ^{abA}	6,07±0,05 ^{aB}	1,17	5,94±0,10 ^{aB}	1,30	5,50±0,14 ^{aC}	1,75
21	7,22±0,04 ^{abA}	6,04±0,05 ^{aB}	1,19	5,90±0,06 ^{aB}	1,32	5,56±0,02 ^{aC}	1,66
30	7,29±0,01 ^{bA}	6,12±0,02 ^{aB}	1,17	5,95±0,04 ^{aB}	1,35	5,59±0,13 ^{aC}	1,70

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

İlk günden 30. güne kadar ki zaman aralığında sonunda natamisin, natamisin+ ultrasound uygulamaları arasında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). İlk günün sonunda en fazla azalma 1,77 log (kob/ml) ile natamisin+ ultrasound uygulamasında gerçekleşmiştir. Uygulamalarda 30. Günün

sonunda kontrol örneğine göre *Botrytis cinerea* suşuna karşı etki olarak 1,70 log (kob/ml) ile natamisin+ultrasund uygulaması ile gerçekleşmiştir. Genel olarak depolama süresi boyunca *Botrytis cinerea* suşa karşı etkileri incelendiğinde ultrasound+natamisin>ultrasound>natamisin olarak sıralanmaktadır. (Tablo 13 ve Şekil 18)



Şekil 17. *Botrytis cinerea* üzerine natamisin ve ultrasound uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)

4.5. Ultrasound, Natamisin ve Sıcaklık ile Muamelesinin Zamanla Küf

İnoküle Edilmiş Üzüm Suyu Üzerine Etki Sonuçları

Botrytis cinerea suşu inokü edilmiş üzüm suyuna sıcaklık, ultrasound ve natamisin etkileri değerlendirilmiştir. Natamisin miktarı olarak araştırma sonuçlarına istinaden 12,5 ppm natamisin ve 5 dakika, 80 W, 26 kHz ve 60 amplitude ultrasound kullanılmıştır. Sıcaklık dereceleri olarak 40 °C, 50 °C, 60 °C kullanılmıştır. Sonuç olarak, küf sporlarının inaktivasyon oranı logaritmik olarak gözlemlenmiştir.

Tablo 14. 40 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,089	0,022	62,214	0,000
Natamisin	0,085	0,021	13,188	0,001
Ultrasound	0,149	0,037	2,617	0,099
Natamisin+Ultrasound	0,088	0,022	1,937	0,181

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda sıcaklık kombinasyonlu, kontrol numunesi ile natamisin uygulamalarında depolama süresi boyunca logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca sıcaklık kombinasyonlu ultrasound, natamisin+ ultrasound uygulamaları arasında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 14)

Tablo 15. 40 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	4,421	1,474	181,476	0,000
7	4,299	1,433	125,016	0,000
14	4,307	1,436	301,486	0,000
21	4,266	1,422	252,108	0,000
30	4,432	1,477	330,714	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

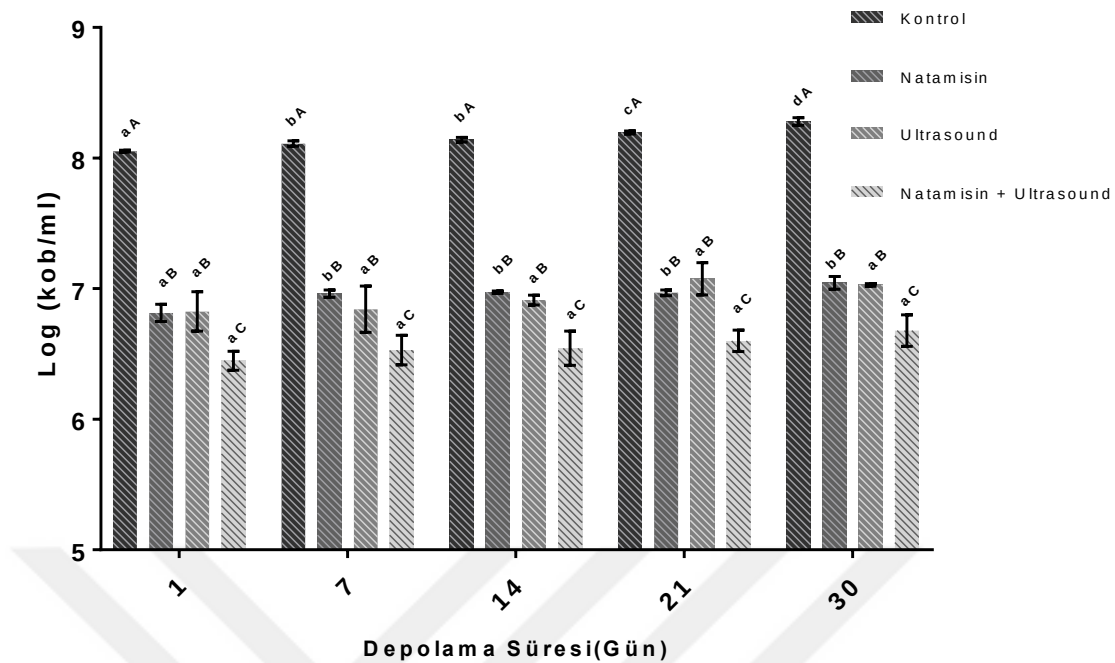
Yapılan çalışma sonunda depolama sırasında uygulamalar arasında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 15)

Tablo 16. *Botrytis cinerea* üzerine farklı zamanlarda, 40 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log kob/ml)

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Log Fark	Ultrasound	Log Fark	Natamisin + Ultrasound	Log Fark
1	8,05±0,0 ^{aA}	6,81±0,04 ^{aB}	1,24	6,82±0,09 ^{aB}	1,23	6,45±0,04 ^{aC}	1,60
7	8,11±0,01 ^{bA}	6,96±0,02 ^{bB}	1,15	6,84±0,10 ^{aB}	1,27	6,53±0,07 ^{aC}	1,58
14	8,14±0,01 ^{bA}	6,97±0,01 ^{bB}	1,17	6,91±0,02 ^{aB}	1,23	6,54±0,08 ^{aC}	1,60
21	8,19±0,01 ^{cA}	6,97±0,01 ^{bB}	1,23	7,08±0,07 ^{aB}	1,12	6,60±0,05 ^{aC}	1,60
30	8,27±0,02 ^{dA}	7,04±0,03 ^{bB}	1,23	7,03±0,01 ^{aB}	1,25	6,68±0,07 ^{aC}	1,60

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 16 ve Şekil 19 incelendiğinde sıcaklık kombinasyonlu natamisin ve ultasound uygulamaları arasında depolama sürecince logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiş ve kontrol numunesine göre 30. gün sonunda natamisin uygulamasında 1,23 log (kob/ml) fark meydana gelirken, ultrasound uygulaması sonunda ise 1,25 log (kob/ml) fark meydana gelmiştir ($p>0.05$).



Şekil 19. *Botrytis cinerea* üzerine, 40 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)

Çizelge ve şekil incelendiğinde 40 °C kombinasyon uygulamasında natamisin+ultrasound uygulaması sonunda 30 gün boyunca istatistiksel olarak günler arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Kontrol numunesine göre en iyi sonuç; natamisin+ ultrasound uygulamaları arasında 30. günün sonunda 1,60 log (kob/ml) fark ile gerçekleşmiştir.

Tablo 17. 50 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,089	0,022	62,214	0,000
Natamisin	0,085	0,021	13,188	0,001
Ultrasound	0,149	0,037	2,617	0,099
Natamisin+Ultrasound	0,088	0,022	1,937	0,181

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyuna uygulanan; 50 °C sıcaklık kombinasyonlu, kontrol numunesi ile natamisin uygulamalarında depolama süresi boyunca logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca sıcaklık kombinasyonlu ultrasound, natamisin+ ultrasound uygulamaları arasında

logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 17)

Tablo 18. 50 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	8,793	2,931	2342,587	0,000
7	8,779	2,926	4957,384	0,000
14	8,894	2,965	2614,864	0,000
21	8,939	2,980	1566,606	0,000
30	8,792	2,931	25613,808	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 18)

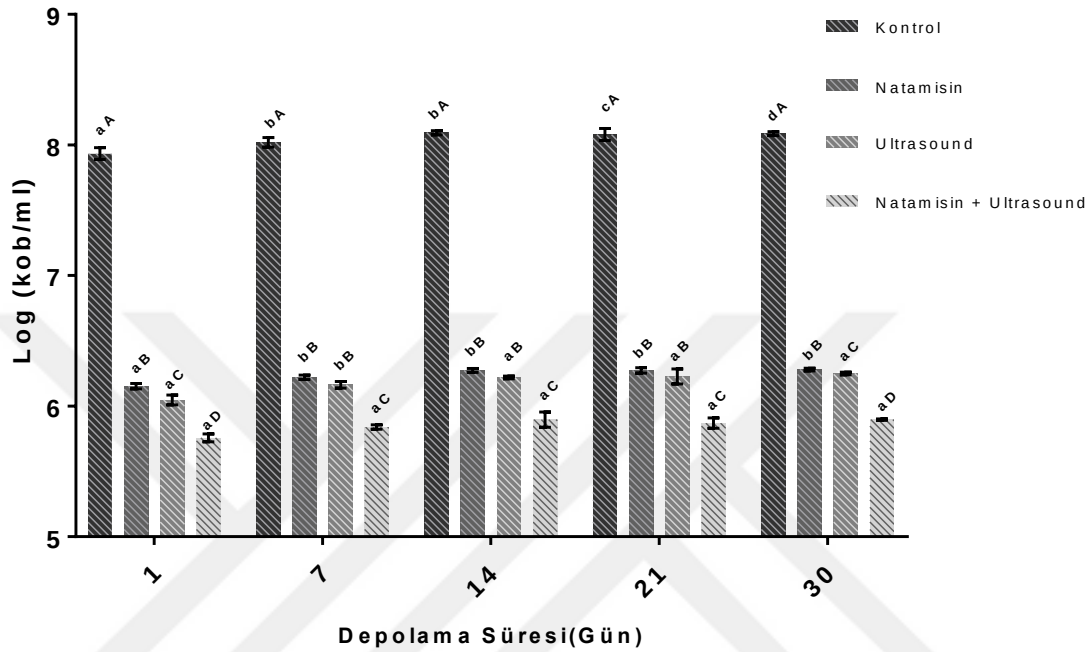
Tablo 19. *Botrytis cinerea* üzerine farklı zamanlarda, 50 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log kob/ml)

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Log Fark	Ultrasound	Log Fark	Natamisin + Ultrasound	Log Fark
1	7,93±0,01 ^{aA}	6,15±0,07 ^{aB}	1,78	6,05±0,15 ^{aC}	1,89	5,76±0,07 ^{aD}	2,18
7	8,02±0,02 ^{bA}	6,22±0,03 ^{bB}	1,80	6,16±0,18 ^{aB}	1,86	5,84±0,11 ^{aC}	2,18
14	8,09±0,02 ^{bA}	6,27±0,0 ^{bB}	1,82	6,22±0,04 ^{aB}	1,87	5,90±0,12 ^{aC}	2,19
21	8,08±0,01 ^{cA}	6,27±0,02 ^{bB}	1,81	6,23±0,12 ^{aB}	1,86	5,87±0,08 ^{aC}	2,21
30	8,09±0,03 ^{dA}	6,28±0,05 ^{bB}	1,81	6,25±0,01 ^{aC}	1,84	5,90±0,12 ^{aD}	2,19

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 19 ve Şekil 20 incelendiğinde *Botrytis cinerea* küfü üzerine inaktivasyon incelendiğinde; sıcaklık kombinasyonlu ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamaları arasında depolama sürecince logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiş ve kontrol numunesine göre 30. gün sonunda ultrasound uygulamasında

1,84 log (kob/ml) fark meydana gelirken, ultrasound uygulaması sonunda ise 12,19 log (kob/ml) farka yükseldiği tespit edilmiştir ($p>0.05$).



Şekil 18. *Botrytis cinerea* üzerine, 50 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)

50 °C kombinasyon uygulamasında 1. gün sonunda en az fark natamisin kombinasyonunda 1,78 log (kob/ml) fark ile gerçekleşmiştir. Kontrol numunesine göre en iyi sonuç; natamisin+ ultrasound+sıcaklık uygulamaları ile 30. günün sonunda 2,19 log (kob/ml) fark ile tespit edilmiştir.

Tablo 20. 60 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarına ait varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,057	0,014	25,080	0,000
Natamisin	0,042	0,010	17,553	0,000
Ultrasound	0,060	0,015	34,356	0,000
Natamisin+Ultrasound	0,058	0,014	7,588	0,004

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda 60 °C sıcaklık kombinasyonlu uygulamalarda, kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında depolama süresi boyunca logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 20)

Tablo 21. 60 °C, ultrasound ve natamisin uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	10,334	3,445	3702,432	0,000
7	10,242	3,414	11982,604	0,000
14	10,426	3,475	2957,443	0,000
21	10,316	3,439	2806,811	0,000
30	10,345	3,448	4555,931	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 21)

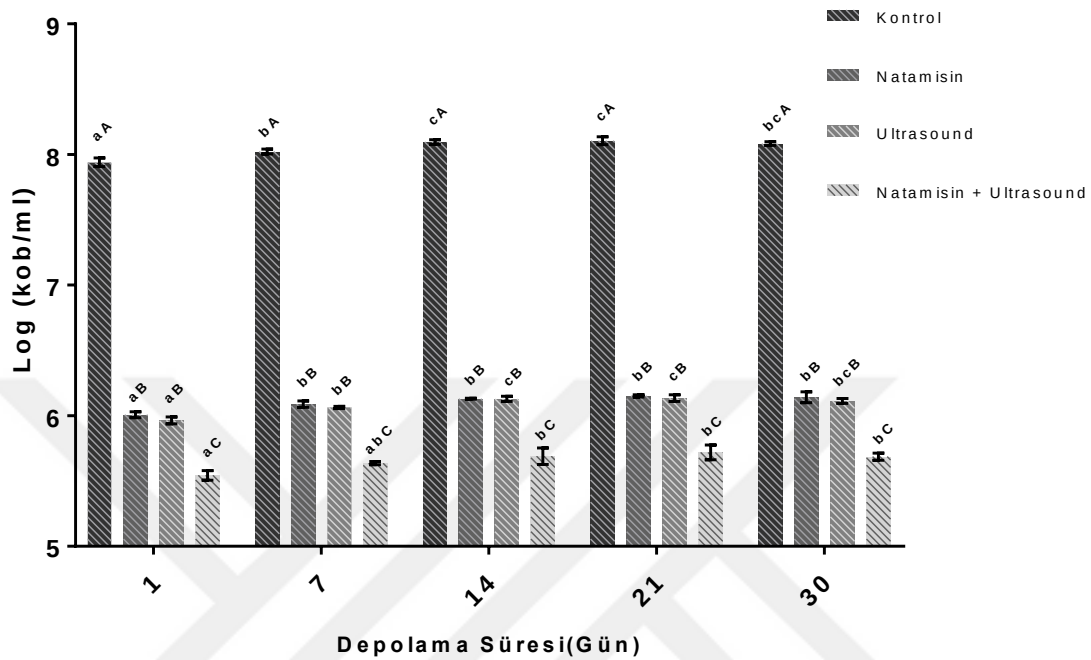
Tablo 22. *Botrytis cinerea* üzerine farklı zamanlarda, 60 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim (log (kob/ml))

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Log Fark	Ultrasound	Log Fark	Natamisin + Ultrasound	Log Fark
1	7,94±0,03 ^{aA}	6,01±0,02 ^{aB}	1,93	5,96±0,03 ^{aB}	1,98	5,54±0,04 ^{aC}	2,40
7	8,02±0,02 ^{bA}	6,09±0,02 ^{bB}	1,93	6,06±0,01 ^{bB}	1,96	5,64±0,01 ^{abC}	2,39
14	8,10±0,02 ^{cA}	6,13±0,00 ^{bB}	1,97	6,13±0,02 ^{cB}	1,97	5,69±0,06 ^{bC}	2,41
21	8,11±0,03 ^{cA}	6,15±0,01 ^{bB}	1,95	6,13±0,03 ^{cB}	1,97	5,72±0,06 ^{bC}	2,39
30	8,08±0,01 ^{bcA}	6,14±0,04 ^{bB}	1,94	6,11±0,02 ^{bcB}	1,97	5,69±0,03 ^{bC}	2,40

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 22 ve Şekil 21’de görüldüğü *Botrytis cinerea* küfü üzerine inaktivasyon incelendiğinde; sıcaklık kombinasyonlu uygulamalarda kendi içlerinde zamanla logaritmik değişimlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir. Natamisin ve

ultrasound uygulamalarında zamanla istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) ve kontrol numunesine göre 30. gün sonunda ultrasound uygulamasında 1,97 log (kob/ml) fark meydana gelmiştir.



Şekil 21. *Botrytis cinerea* üzerine, 60 °C, ultrasound ve natamisin kombinasyon uygulamalarına ait değişim grafiği (log kob/ml)

Çizelge ve şekil görüldüğü gibi 60 °C kombinasyonlarda depolama süresi boyunca natamisin ve ultrasound uygulamalarının *Botrytis cinerea* üzerine etkileri logaritmik değişim olarak benzerlik göstermiştir. Kontrol numunesine göre en iyi sonuç; natamisin+ultrasound+sıcaklık uygulamaları ile 30. günün sonunda 2,40 log (kob/ml) fark ile tespit edilmiştir.

4.6. Üzüm Suyuna Uygulanan Natamisin ve Ultrasound Uygulamalarının Zamanla Mikrobiyolojik Değişim Sonuçları

Üzüm suyu ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örnekleri için genel mikrobiyoloji analizlere tabi tutulmuştur. Kalite parametreleri için hazırlanan örnekler için yapılmıştır. Analiz sonuçlarında toplam mezofil aerobik mikroorganizma sayısı, toplam enterobakteri sayımı, koliform grubu bakterilerin sayımı ve toplam maya-küf sayımı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 23. Natamisin ve ultrasound uygulamalarının bir aylık depolama süresi boyunca mikrobiyolojik değişimi (log kob/ml)

Mikrobiyolojik Analizler	Günler	Kontrol	Natamisin	Ultrasonikasyon	Natamisin + Ultrasonokisyon
Toplam Mezofilik Aerob Bakteri log (kob/ml)	1	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	21	-	-	-	-
	30	<1	<1	-	-
Toplam Enterobacteriaceae log (kob/ml)	1	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	21	-	-	-	-
	30	-	-	-	-
Toplam Koliform log (kob/ml)	1	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	21	-	-	-	-
	30	-	-	-	-
Toplam Maya-Küf log (kob/ml)	1	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	21	-	-	-	-
	30	<1	<1	-	-

- Tespit edilememiştir.

Gerçekleştirilen bir aylık mikrobiyolojik analizler sonucunda toplam mezofilik aerob ve toplam maya-küf analizlerinin 30. gününde kontrol ve natamisin uygulanmış örneklerde <1 log (kob/ml) miktarda tespit edilmiştir. Diğer örneklerde herhangi bir yük tespit edilmemiştir. (Tablo 23)

4.7. Üzüm Suyuna Uygulanan İşlemlerin pH Değerlerine Etkileri

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin pH değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

Tablo 24. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,00	0,00	0,200	0,933
Natamisin	0,00	0,00	0,200	0,933
Ultrasound	0,00	0,00	0,571	0,690
Natamisin+Ultrasound	0,00	0,00	0,300	0,871

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında pH değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p > 0.05$). (Tablo 24)

Tablo 25. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,000	0,000	0,250	0,859
7	0,000	0,000	0,000	1,000
14	0,000	0,000	0,000	1,000
21	0,000	0,000	0,000	1,000
30	0,000	0,000	0,167	0,916

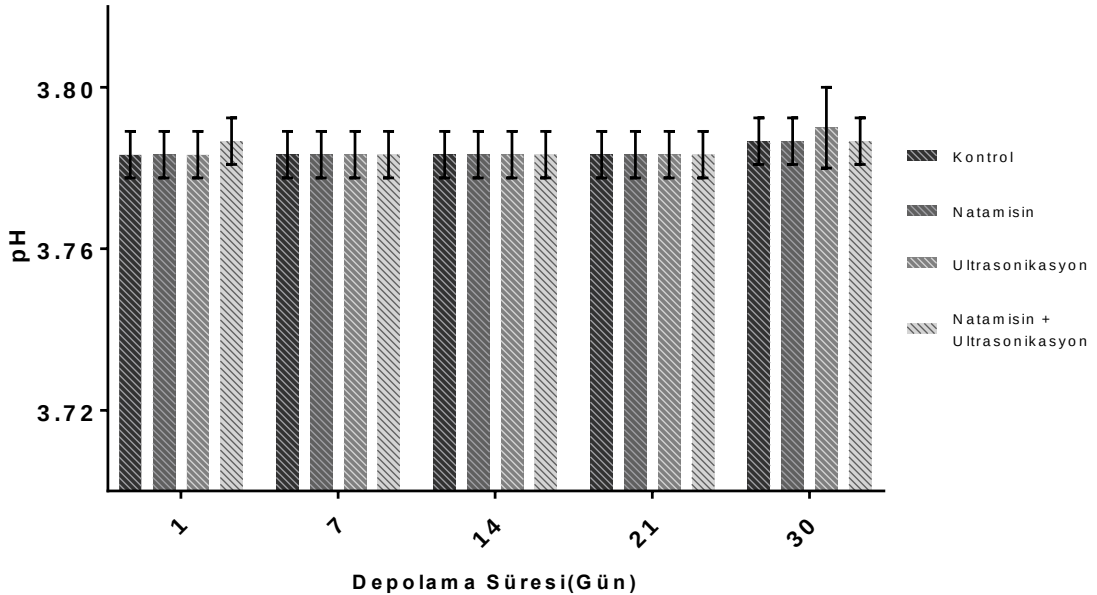
İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında pH değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). (Tablo 25)

Tablo 26. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla pH değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006	3,79±0,006
7	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006
14	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006
21	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006	3,78±0,006
30	3,79±0,006	3,79±0,005	3,79±0,01	3,79±0,006

Yaptığımız çalışma sonucunda 1. günün sonunda kontrol numunesinin pH değeri 3,78 iken natamisin+ultrasound uygulamasından pH değeri ise 3,79 olarak tespit edilmiş ve istatistiksel olarak da anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Kontrol numunesinde 30. günün sonunda pH değeri 3,79 olarak ölçülmüş ve diğer uygulamaların pH değerleri ile aynı sonucu vermiştir. Uygulamalar bireysel olarak değerlendirildiğinde ise pH değerinde 30 günlük süreç içerisinde istatistiksel olarak önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). (Tablo 26 ve Şekil 22)



Şekil 19. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda pH değerlerine ait değişim grafiği

4.8. Çözünen Kuru Madde (Briks)

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin çözünen kuru madde miktarı (Briks) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir.

Tablo 27. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,002	0,000	7,100	0,006
Natamisin	0,001	0,000	4,227	0,029
Ultrasound	0,001	0,000	5,500	0,013
Natamisin+Ultrasound	0,002	0,000	5,115	0,017

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında Briks değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol numunesinde 1. gün ile 30 gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound ile natamisin+ultrasound uygulamalarında 30. gün sonunda istatistiksel olarak aralarında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). (Tablo 27)

Tablo 28. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,012	0,004	83,111	0,000
7	0,008	0,003	44,333	0,000
14	0,007	0,002	27,300	0,000
21	0,007	0,002	34,333	0,000
30	0,011	0,004	45,700	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

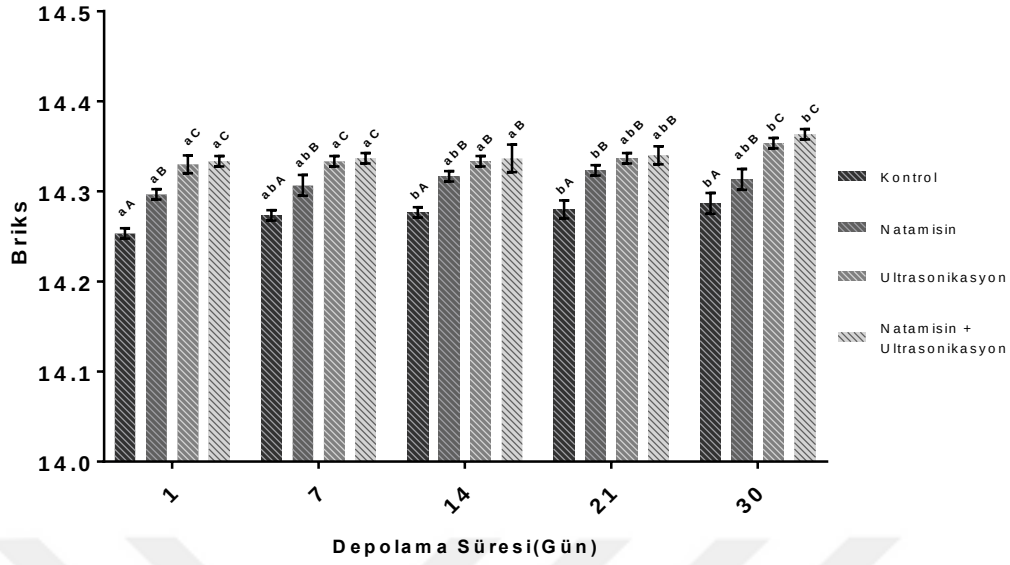
Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında Briks değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound uygulamasında 1, 7, 14 ve 21. günlerde zamanla Briks değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 28)

Tablo 29. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla Briks değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	14,25±0,006 ^{aA}	14,30±0,006 ^{aB}	14,33±0,010 ^{aC}	14,33±0,006 ^{aC}
7	14,27±0,006 ^{abA}	14,31±0,012 ^{abB}	14,33±0,006 ^{aC}	14,34±0,006 ^{aC}
14	14,28±0,006 ^{bA}	14,32±0,006 ^{abB}	14,33±0,006 ^{aB}	14,34±0,015 ^{aB}
21	14,28±0,010 ^{bA}	14,32±0,006 ^{bB}	14,34±0,006 ^{abB}	14,34±0,010 ^{abB}
30	14,29±0,012 ^{bA}	14,31±0,012 ^{abB}	14,35±0,006 ^{bC}	14,36±0,006 ^{bC}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun Briks değerinde natamisin+ultrasound etkisi incelendiğinde 1, 7, 14. günlerde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 7. gününde kontrol numunesine göre; natamisin, ultrasound uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Briks değerlerine yüzde değişim olarak incelediğimizde ise sırasıyla 30. gün sonunda kontrol numunesine göre natamisin (% 0,14); ultrasound (% 0,42); natamisin+ultrasound (% 0,49) olarak değişmektedir. Briks değerlerinde kontrol numunesine göre 30. gün sonunda ultrasound için 0,06 ve natamisin+ultrasound için 0,07 birimlik artış görülmektedir. İstatistiksel olarak farklılıklar oluşmasına rağmen yüzdelik değişimlere incelediğimizde etkinin çok az olduğu görülmektedir. (Tablo 29 ve Şekil 23)



Şekil 20. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda Briks değerlerine ait değişim grafiği

4.9. Titrasyon Asitliği

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam titrasyon asitliği (gr tartarik asit/100 ml) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 32 ve Şekil 24’de değerlendirilmiştir.

Tablo 30. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,000	0,000	1,500	0,274
Natamisin	0,001	0,000	3,200	0,062
Ultrasound	0,000	0,000	1,625	0,243
Natamisin+Ultrasound	0,000	0,000	1,083	0,415

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında toplam titrasyon asitliği (tartarik asit) değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). (Tablo 30)

Tablo 31. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,002	0,001	8,250	0,008
7	0,000	0,000	2,000	0,193
14	0,001	0,000	3,733	0,060
21	0,001	0,000	3,556	0,067
30	0,003	0,001	12,000	0,002

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında toplam titrasyon asitliği (tartarik asit) değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound uygulamasında 7, 14 ve 30. günlerde zamanla kıyaslandığında toplam titrasyon asitliği değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 31)

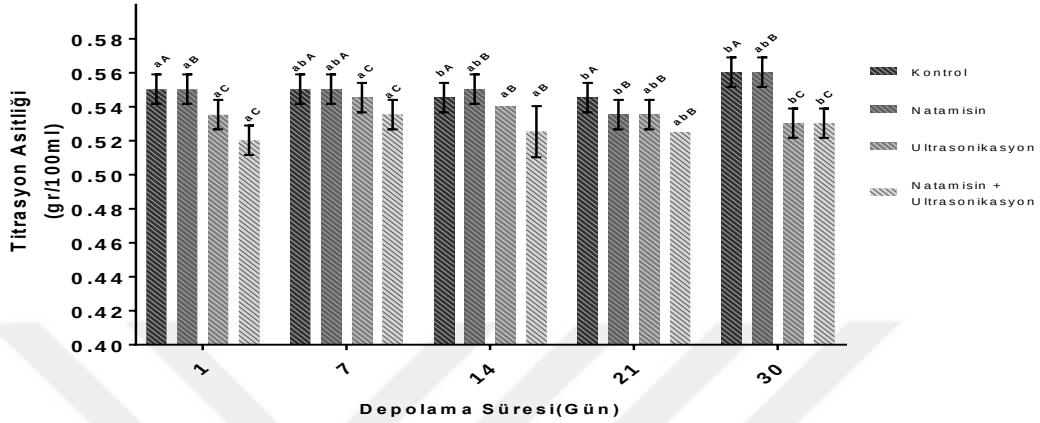
Tablo 32. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla titrasyon asitliği (gr tartarik asit/100 ml) değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	0,55±0,01 ^{aA}	0,55±0,01 ^{abA}	0,54±0,01 ^{aAB}	0,52±0,01 ^{aB}
7	0,55±0,01 ^{aA}	0,55±0,01 ^{abA}	0,55±0,01 ^{aA}	0,54±0,01 ^{aA}
14	0,55±0,01 ^{aA}	0,55±0,01 ^{abA}	0,54±0,00 ^{aA}	0,53±0,02 ^{aA}
21	0,55±0,01 ^{aA}	0,54±0,01 ^{aAB}	0,54±0,01 ^{aAB}	0,53±0,00 ^{aB}
30	0,56±0,01 ^{aA}	0,56±0,01 ^{bA}	0,53±0,01 ^{aB}	0,53±0,01 ^{aB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun briks değerinde natamisin+ultrasound etkisi incelendiğinde 1, 7, 14. günlerde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 21. günü ve 30. gününde natamisin uygulamasının titrasyona asitliği sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 1. gününde natamisin (14,30 gr/100 ml) ile natamisin+ultrasound (14,33 gr/100 ml) uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 21. gününde kontrol (14,28 gr/100 ml) ile natamisin+ultrasound (14,34 gr/100 ml) uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bir

aylık depolama sonunda kontrol numunesi ile natamisin uygulaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Fakat 30. günün sonunda diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 21. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda titrasyon asitliği (gr tartarik asit/100 ml) değerlerine ait değişim grafiği

4.10. Renk Analizi Sonuçları

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin renk değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda üzüm suyunda L, a, b, ΔE, C, h ve CI renk değerlerindeki ölçüm sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki çizelgelerde ve şekillerde gösterilmiştir. L (açıklık-koyuluk değeri) değerlerinin sonuçlar Tablo 25 ve Şekil 25’de gösterilmiştir.

Tablo 33. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,110	0,028	517,062	0,000
Natamisin	0,026	0,006	192,200	0,000
Ultrasound	0,118	0,030	2213,250	0,000
Natamisin+Ultrasound	0,100	0,025	8,165	0,003

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında L değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 33)

Tablo 34. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,146	0,049	194,356	0,000
7	0,139	0,046	185,456	0,000
14	0,136	0,045	1818,222	0,000
21	0,148	0,049	844,571	0,000
30	0,273	0,091	27,151	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında L değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 34)

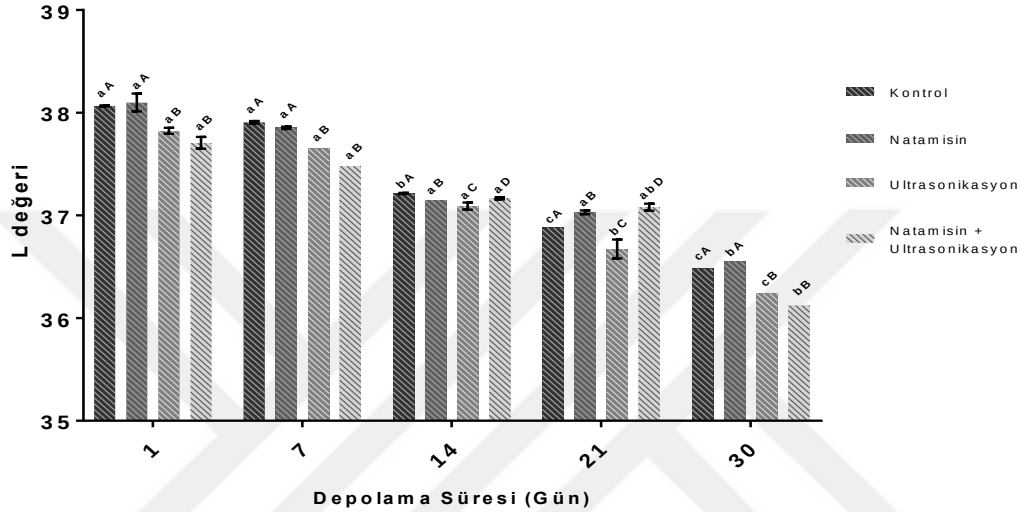
Tablo 35. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda L değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	38,07±0,01 ^{aA}	38,06±0,01 ^{aA}	37,85±0,00 ^{aB}	37,83±0,03 ^{aB}
7	38,06±0,01 ^{aA}	38,06±0,01 ^{aA}	37,85±0,00 ^{aB}	37,83±0,03 ^{aB}
14	38,02±0,01 ^{bA}	38,06±0,01 ^{aB}	37,84±0,01 ^{aC}	37,81±0,00 ^{aD}
21	37,87±0,01 ^{cA}	38,06±0,01 ^{aB}	37,81±0,01 ^{bC}	37,76±0,01 ^{abD}
30	37,88±0,01 ^{cA}	37,95±0,01 ^{bA}	37,62±0,00 ^{cB}	37,62±0,12 ^{bB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneklerinin L değerlerinde 1, 7. günlerinde ve 21, 30. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun natamisin örneklerinin L değerlerinde 1, 7. günlerinde ve 14, 21. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), 30. gün ile anlamlı farklar tespit

edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound örneklerinin L değerlerinde 1, 7, 14. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$), diğer günler ile istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound uygulanmış örneklerin depolamasının 1, 7, 14, 21. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$).



Şekil 22. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda L değerlerine ait değişim grafiği

L değerlerinde 1, 7, 14. günlerde natamisin numunesi, kontrol örneği ile istatistiksel olarak aralarında fark tespit edilmemişken ($p>0.05$) diğer örneklerle aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Uygulamaların 14 ve 21. gününde bütün örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bütün örneklerde ilk günden itibaren zamanla L değerlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. En çok azalma ultrasound uygulamalarında 0,23 birimlik L değeri ile meydana gelmiştir.

Yapılan analizler sonucunda üzüm suyunda a (kırmızı veya yeşilliği) renk değerlerindeki ölçüm sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 39 ve Şekil 26'de gösterilmiştir.

Tablo 36. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının a değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,002	0,000	3,450	0,051
Natamisin	0,019	0,005	10,721	0,001
Ultrasound	0,003	0,001	0,750	0,580
Natamisin+Ultrasound	0,001	0,000	1,241	0,354

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile natamisin uygulamalarının a değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiş ($p<0.05$), ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının ise istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 36)

Tablo 37. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre a değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	1,635	0,545	1981,444	0,000
7	1,625	0,542	1912,157	0,000
14	1,687	0,562	2499,000	0,000
21	1,692	0,564	3223,032	0,000
30	1,516	0,505	466,564	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

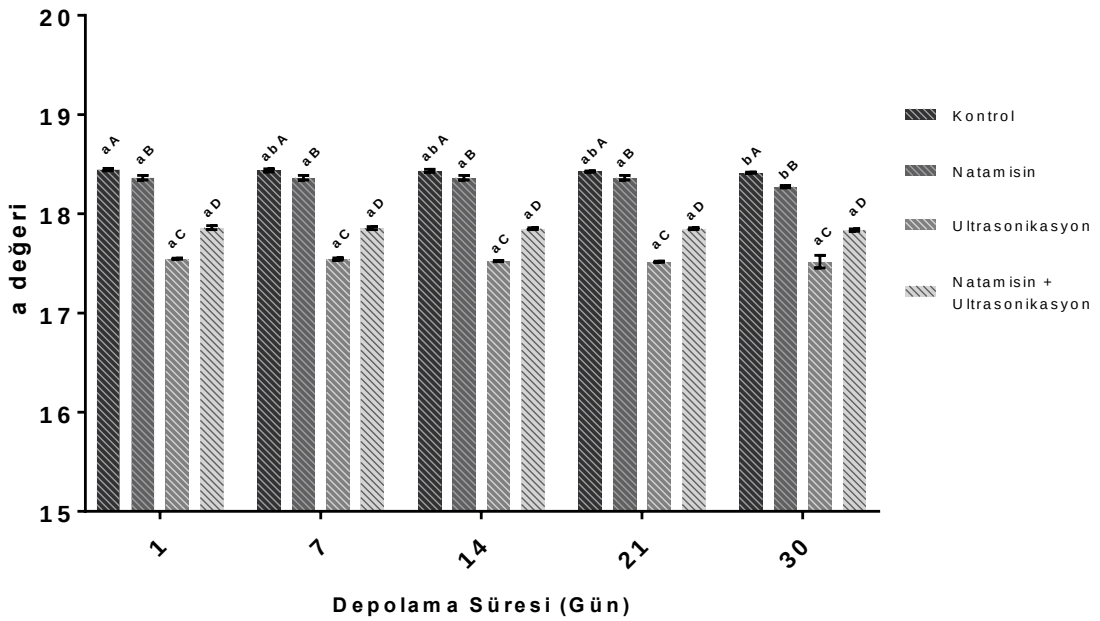
Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında a değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 37)

Tablo 38. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda a değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	18,45±0,01 ^{aA}	18,36±0,02 ^{aB}	17,55±0,01 ^{aC}	17,86±0,02 ^{aD}
7	18,44±0,02 ^{abA}	18,36±0,02 ^{aB}	17,54±0,01 ^{aC}	17,86±0,02 ^{aD}
14	18,43±0,02 ^{abA}	18,36±0,02 ^{aB}	17,52±0,01 ^{aC}	17,85±0,01 ^{aD}
21	18,43±0,01 ^{abA}	18,36±0,02 ^{aB}	17,52±0,01 ^{aC}	17,85±0,01 ^{aD}
30	18,41±0,01 ^{bA}	18,27±0,01 ^{bB}	17,52±0,06 ^{aC}	17,84±0,01 ^{aD}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneklerinin a değerlerinde 1, 7, 14 ve 21. günleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun natamisin örneklerinin a değerlerinde 30. günü hariç diğer günler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Uygulamalardan ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarında depolama süreci boyunca istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$).



Şekil 23. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda a değerlerine ait değişim grafiği

Renk analizinde a değerlerinde depolama süreci boyunca uygulamalar kendi aralarında istatistiksel olarak aralarında fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bütün örneklerde ilk günden itibaren zamanla a değerlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. En çok azalma natamisin uygulamalarında 0,09 birimlik a değeri ile meydana gelmiştir.

Yapılan analizler sonucunda üzüm suyunda b (sarılık veya maviliği) renk değerlerindeki ölçüm sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 41 ve Şekil 27’de gösterilmiştir.

Tablo 39. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının b değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,044	0,011	32,451	0,000
Natamisin	0,018	0,005	36,263	0,000
Ultrasound	0,030	0,008	228,500	0,000
Natamisin+Ultrasound	0,019	0,005	88,313	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında b değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 39)

Tablo 40. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre b değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,433	0,144	541,615	0,000
7	0,432	0,144	557,624	0,000
14	0,497	0,166	2211,074	0,000
21	0,467	0,156	4665,583	0,000
30	0,397	0,132	2268,190	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

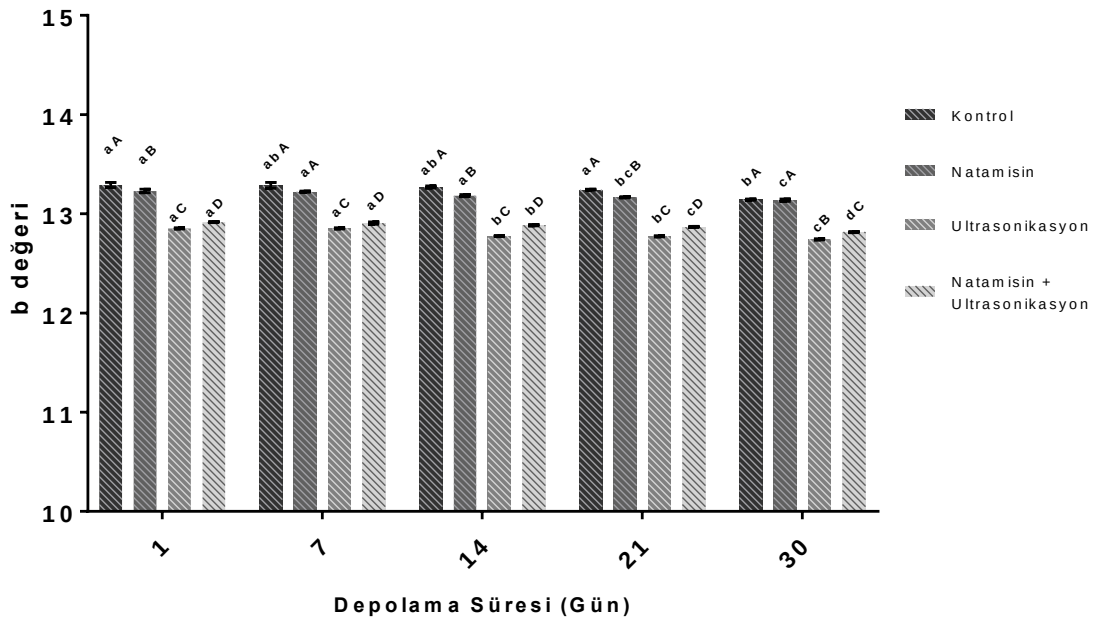
Yapılan renk analizi çalışması sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında b değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 40)

Tablo 41. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda b değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	13,29±0,03 ^{aA}	13,23±0,02 ^{aB}	12,85±0,01 ^{aC}	12,92±0,01 ^{aD}
7	13,29±0,03 ^{aA}	13,22±0,01 ^{aB}	12,85±0,01 ^{aC}	12,91±0,01 ^{aD}
14	13,27±0,01 ^{aA}	13,18±0,01 ^{bB}	12,78±0,01 ^{bC}	12,89±0,01 ^{bD}
21	13,24±0,01 ^{aA}	13,17±0,01 ^{bcB}	12,77±0,01 ^{bC}	12,87±0,01 ^{cD}
30	13,14±0,01 ^{bA}	13,14±0,01 ^{cA}	12,74±0,01 ^{cB}	12,82±0,01 ^{dC}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneklerinin b değerlerinde 1, 7, 14 ve 21. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun natamisin örneklerinin b değerlerinde 1, 7. günlerinde ve 14, 21. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), 30. gün ile 21. gün hariç anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Üzüm suyunun natamisin+ultrasound örneklerinin b değerlerinde 1, 7. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), diğer günler ile anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 27. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda a değerlerine ait değişim grafiği

Renk analizinde b değerlerinde depolama süreci boyunca 30. gün hariç uygulamalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Uygulamaların 30. gününde ise kontrol örneği ile natamisin uygulanmış örneklerde istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bütün örneklerde ilk günden itibaren zamanla b değerlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. En çok azalma kontrol örneklerinde % 1,1'lik b değeri ile meydana gelmiştir.

Uygulamalar sonunda depolama süresince ΔE (toplam renk değişimi) değerlerinin sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 44 ve Şekil 28'de gösterilmiştir.

Tablo 42. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının ΔE değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Natamisin	0,026	0,006	8,607	0,003
Ultrasound	0,005	0,001	0,704	0,607
Natamisin+Ultrasound	0,003	0,001	0,859	0,520

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında ΔE değerlerinde depolama süresi boyunca natamisin uygulamasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiş ($p<0.05$), ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 42)

Tablo 43. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre ΔE değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	1,322	0,661	748,377	0,000
7	1,314	0,657	748,154	0,000
14	1,342	0,671	3115,425	0,000
21	1,012	0,506	9160,179	0,000
30	1,129	0,565	287,356	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

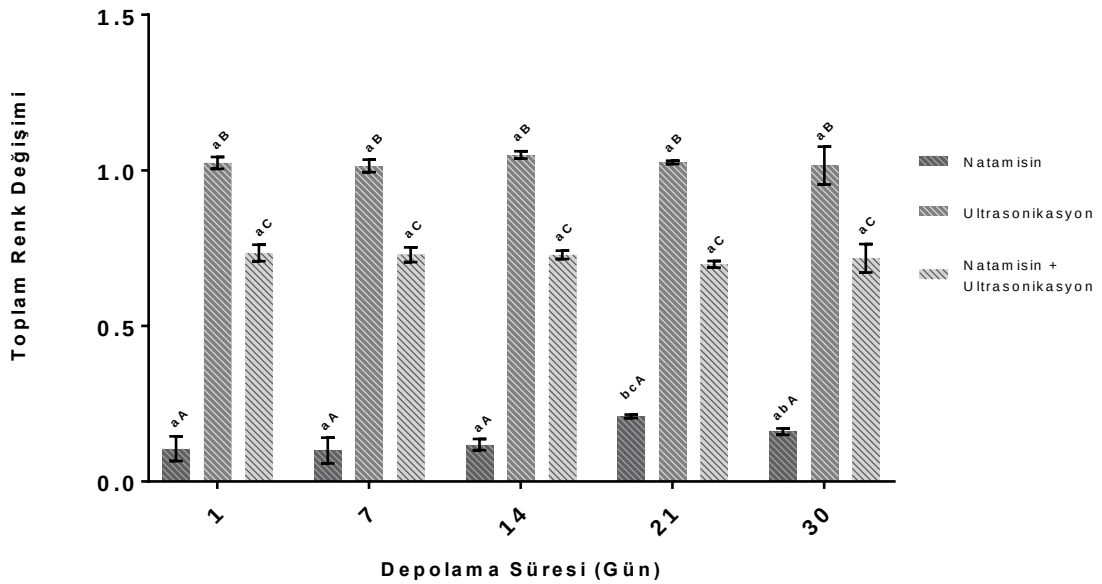
Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında ΔE değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). (Tablo 43)

Tablo 44. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda ΔE değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	0,11±0,04 ^{aA}	1,02±0,02 ^{aB}	0,73±0,03 ^{aC}
7	0,10±0,04 ^{aA}	1,01±0,02 ^{aB}	0,73±0,02 ^{aC}
14	0,12±0,02 ^{aA}	1,05±0,02 ^{aB}	0,73±0,01 ^{aC}
21	0,21±0,01 ^{bcA}	1,03±0,00 ^{aB}	0,70±0,01 ^{aC}
30	0,16±0,01 ^{abA}	1,02±0,09 ^{aB}	0,72±0,05 ^{aC}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Üzüm suyunun natamisin örneklerinin ΔE değerlerinde 1, 7 ve 14. günlerinde ve 21, 30. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Üzüm suyunun ultrasound ve natamisin+ultrasound örneklerinin ΔE değerlerinde depolama süreci boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 24. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda ΔE değerlerine ait değişim grafiği

ΔE değerlerinde bütün uygulamalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p>0.05$). Toplam renk değişimlerinde kontrol örneklerine göre en fazla değişim ultrasound uygulamasında tespit edilmiş, en az değişim ise natamisin uygulamasında meydana gelmiştir. Toplam renk değişiminde 30. günün sonunda ultrasound uygulaması sonunda sırasıyla; 0,16, 1,02 ve 0,72 birimlik olarak tespit edilmiştir.

Uygulamalar sonunda depolama süresince Kroma (C) yani renk doygunluğu değerlerinin sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 47 ve Şekil 29'da gösterilmiştir.

Tablo 45. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının C değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,024	0,006	20,424	0,000
Natamisin	0,032	0,008	23,547	0,000
Ultrasound	0,020	0,005	8,285	0,003
Natamisin+Ultrasound	0,011	0,003	17,468	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında C değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 45)

Tablo 46. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre C değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	2,006	0,669	2323,184	0,000
7	1,993	0,664	1878,051	0,000
14	2,139	0,713	4400,240	0,000
21	2,103	0,701	5528,105	0,000
30	1,851	0,617	738,072	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

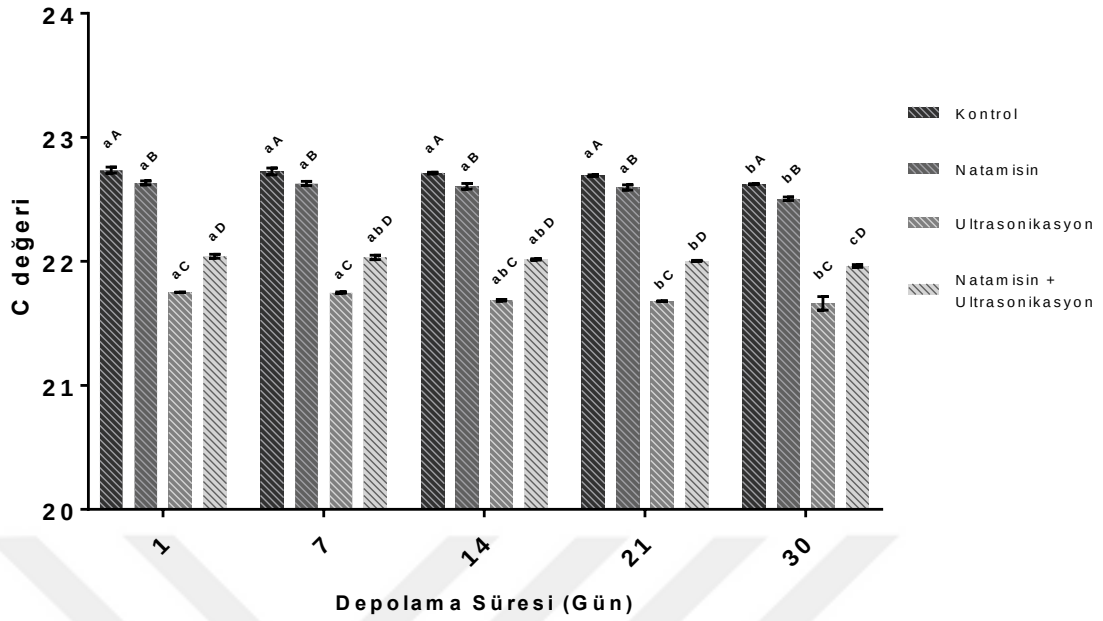
Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında C değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 47)

Tablo 47. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda C değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	22,74±0,02 ^{aA}	22,63±0,02 ^{aB}	21,75±0,00 ^{aC}	22,04±0,02 ^{aD}
7	22,73±0,03 ^{aA}	22,63±0,02 ^{aB}	21,75±0,01 ^{aC}	22,03±0,02 ^{abD}
14	22,71±0,01 ^{aA}	22,61±0,02 ^{aB}	21,69±0,01 ^{abC}	22,02±0,01 ^{abD}
21	22,69±0,01 ^{aA}	22,60±0,02 ^{aB}	21,68±0,00 ^{bC}	22,00±0,01 ^{bD}
30	22,62±0,00 ^{bA}	22,51±0,01 ^{bB}	21,66±0,05 ^{bC}	21,96±0,02 ^{cD}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol ve natamisin örneklerinin C değerlerinde 30. gün hariç diğer günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun ultrasound örneklerinin C değerlerinde 1, 7 ve 14. günlerinde ve 14, 21 ve 30. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound örneklerinin C değerlerinde 1, 7, 14. günlerinde ve 7, 14 ve 21. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), 30. gününde istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 25. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda C değerlerine ait değişim grafiği

C değerlerinde bütün uygulamalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p>0.05$). Renk yoğunluğu değişimlerinde depolama süreci boyunca azalmalar tespit edilmiştir. En az değişim natamisin+ultrasound uygulamasında tespit edilmiş, en az fazla değişim ise natamisin uygulamasında meydana gelmiştir.

Uygulamalar sonunda depolama süresince renk açısı veya ton açısı (h) değerlerinin sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 50 ve Şekil 30'de gösterilmiştir.

Tablo 48. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının h değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,139	0,035	30,835	0,000
Natamisin	0,036	0,009	5,888	0,011
Ultrasound	0,087	0,022	11,630	0,001
Natamisin+Ultrasound	0,059	0,015	24,741	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında h değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 48)

Tablo 49. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre h değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,414	0,138	83,960	0,000
7	0,434	0,145	118,392	0,000
14	0,304	0,101	113,403	0,000
21	0,373	0,124	229,373	0,000
30	0,416	0,139	65,566	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında h değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 49)

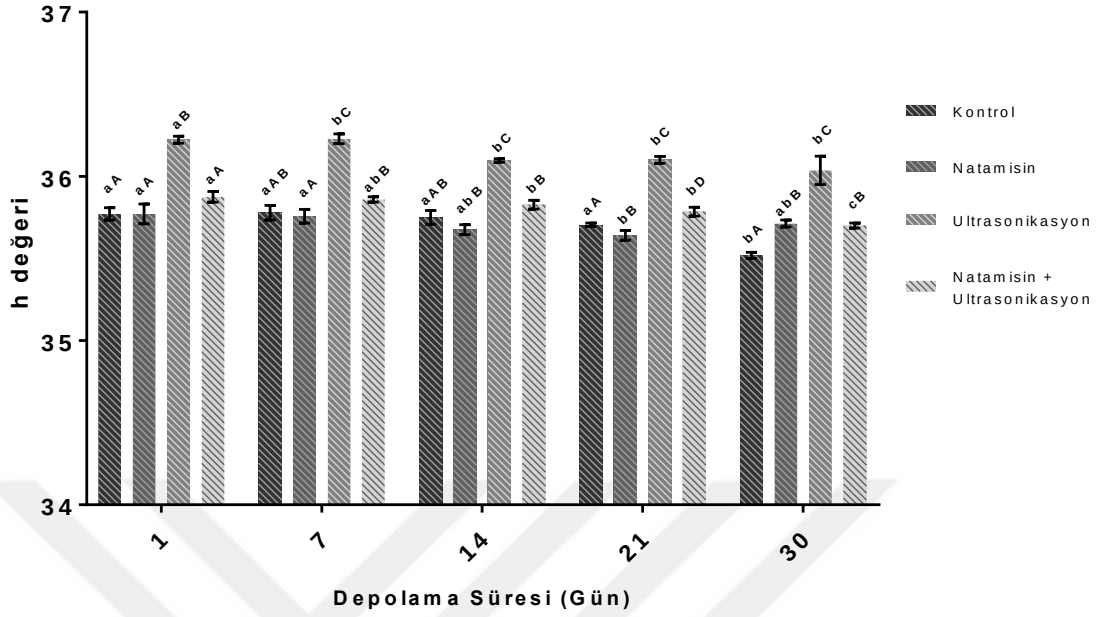
Tablo 50. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda h değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	35,77±0,04 ^{aA}	35,77±0,06 ^{aA}	36,22±0,02 ^{aB}	35,88±0,03 ^{aA}
7	35,78±0,04 ^{aAB}	35,76±0,04 ^{aA}	36,23±0,03 ^{aC}	35,86±0,02 ^{aB}
14	35,75±0,04 ^{aAB}	35,68±0,03 ^{abA}	36,10±0,01 ^{bC}	35,83±0,03 ^{abB}
21	35,70±0,01 ^{aA}	35,64±0,03 ^{bB}	36,10±0,02 ^{bC}	35,78±0,03 ^{bD}
30	35,52±0,02 ^{bA}	35,71±0,02 ^{abB}	36,04±0,09 ^{bC}	35,70±0,02 ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneklerinin h değerlerinde 30. gün hariç diğer günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun natamisin örneklerinin h değerlerinde 1, 7, 14 ve 30. günlerinde ve 14, 21 ve 30. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ultrasound örneklerinin h değerlerinde 1 ve 7. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), diğer günler ile istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound örneklerinin 30. günü ile diğer depolama zamanları arasında

istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 26. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda h değerlerine ait değişim grafiği

Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin 1. gününde ultrasound uygulaması hariç diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Uygulamanın 7 ve 14. günlerinde kontrol ve natamisin örnekleri ile kontrol ve natamisin+ultrasound örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Uygulamaların 21. gününde bütün örnekler arasında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde ise kontrol, natamisin ve natamisin+ultrasound uygulamaları arasında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süreci boyunca ton açılması değerlendirildiğinde zamanla azalmalar olduğu tespit edilmiş, en fazla h değeri azalması kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Uygulamalar sonunda depolama süresince renk indeksi (CI) değerlerinin sonuçları ve istatistiksel analizi aşağıdaki Tablo 53 ve Şekil 31’de gösterilmiştir.

Tablo 51. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının CI değeri varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,022	0,006	49,863	0,000
Natamisin	0,000	0,000	0,880	0,510
Ultrasound	0,025	0,006	22,614	0,000
Natamisin+Ultrasound	0,020	0,005	6,047	0,010

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında natamisin örnekleri hariç CI değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 51)

Tablo 52. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre CI değerleri varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,431	0,144	928,597	0,000
7	0,434	0,145	1210,084	0,000
14	0,486	0,162	2946,22	0,000
21	0,57	0,19	2709,945	0,000
30	0,33	0,11	86,619	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

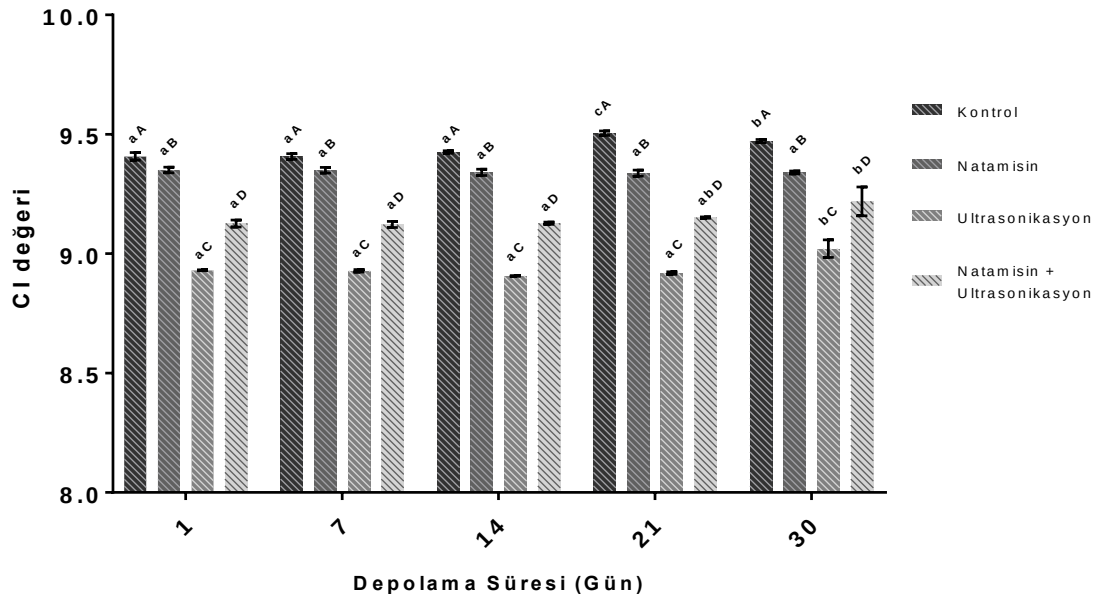
Yapılan çalışma sonunda muamele örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında CI değerleri değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 52)

Tablo 53. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda CI değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	9,41±0,04 ^{aA}	9,35±0,06 ^{aB}	8,93±0,02 ^{aC}	9,13±0,03 ^{aD}
7	9,41±0,04 ^{aA}	9,35±0,04 ^{aB}	8,93±0,03 ^{aC}	9,12±0,02 ^{aD}
14	9,43±0,04 ^{aA}	9,34±0,03 ^{aB}	8,91±0,01 ^{aC}	9,13±0,03 ^{aD}
21	9,50±0,01 ^{cA}	9,34±0,03 ^{aB}	8,92±0,02 ^{aC}	9,15±0,03 ^{abD}
30	9,47±0,02 ^{bA}	9,34±0,02 ^{aB}	9,02±0,09 ^{bC}	9,22±0,02 ^{bD}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneklerinin CI değerlerinde 1, 7 ve 14. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), 21 ve 30. günlerinde ise istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin örneklerinin CI değerinde depolama boyunca istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Üzüm suyunun ultrasound örneklerinin CI değerlerinde 30. gün hariç diğer günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound örneklerinin CI değerlerinde 1, 7 ve 14. günleri ile 21 ve 30. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$).



Şekil 271. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda CI değerlerine ait değişim grafiği

CI değerlerinde bütün uygulamalar kendi aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p>0.05$). Renk indeksi değişimlerinde depolama süreci boyunca azalmalar ve artışlar tespit edilmiştir. En fazla değişim ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamasında tespit edilmiş, en az değişim ise natamisin uygulamasında meydana gelmiştir.

4.11. Toplam Şeker Miktarı Değişimleri

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam şeker miktarı (gr/l) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda değerlendirilmiştir.

Tablo 54. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	3,925	0,981	0,423	0,789
Natamisin	0,936	0,234	0,132	0,967
Ultrasound	6,485	1,621	1,215	0,364
Natamisin+Ultrasound	6,299	1,575	0,652	0,639

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında toplam şeker miktarı değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 54)

Tablo 55. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	113,974	37,991	26,848	0,000
7	144,026	48,009	15,625	0,001
14	102,673	34,224	18,791	0,001
21	76,657	25,552	15,277	0,001
30	107,803	35,934	19,730	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

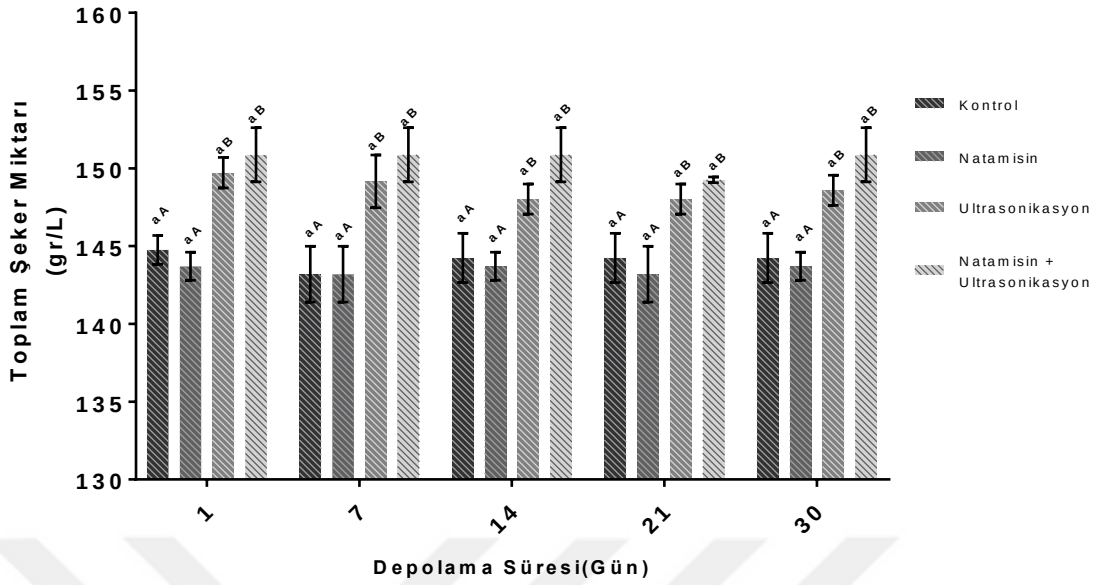
Yapılan çalışma sonunda muamele örneklerinin kendi aralarında kıyaslandığında toplam şeker miktarı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 52)

Tablo 56. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanlarda toplam şeker miktarı değerlerine ait değişim sonuçları

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	144,76±0,92 ^{aA}	143,71±0,91 ^{aA}	149,72±0,99 ^{aB}	150,88±1,74 ^{aB}
7	143,20±1,79 ^{aA}	143,20±1,79 ^{aA}	149,16±1,70 ^{aB}	150,88±1,74 ^{aB}
14	144,24±1,59 ^{aA}	143,71±0,91 ^{aA}	148,03±0,97 ^{aB}	150,88±1,74 ^{aB}
21	144,24±1,59 ^{aA}	143,20±1,79 ^{aA}	148,03±0,97 ^{aB}	149,26±0,18 ^{aB}
30	144,24±1,59 ^{aA}	143,71±0,91 ^{aA}	148,59±0,97 ^{aB}	150,88±1,74 ^{aB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun toplam şeker miktarı değerinde 1, 7, 14, 21 ve 30. günlerde kontrol örneğine göre ultrasounda ve natamisin+ultrasound etkisi incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Toplam şeker miktarlarında kontrol numunesi ile natamisin uygulaması bir aylık zaman diliminde kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Kontrol örneğine (144,24 gr/l) göre 30. günün sonunun da en fazla değişim natamisin+ultrasound uygulamasına (150,88 gr/l) göre % 4,6 oranında artış ile tespit edilmiştir. (Tablo 56 ve Şekil 32)



Şekil 282. Üzüm suyuna uygulanan işlemlerin zamanla toplam şeker miktarı değerlerine ait değişim grafiği

4.12. Toplam Monomerik Antosiyanin Değişimi

Toplam monomerik antosiyanin tayini, pH diferansiyel metoduna göre yapılmıştır. Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarının (mg mal-3-gly/L) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıdaki Tablo 59 ve Şekil 33’de değerlendirilmiştir.

Tablo 57. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	28,985	7,246	102,912	0,000
Natamisin	34,597	8,649	22,098	0,000
Ultrasound	8,710	2,178	6,784	0,007
Natamisin+Ultrasound	8,006	2,002	19,724	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında toplam monomerik antosiyanin miktarı değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). (Tablo 57)

Tablo 58. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	24,489	8,163	34,652	0,000
7	22,656	7,552	20,838	0,000
14	10,073	3,358	11,278	0,003
21	4,688	1,563	9,582	0,005
30	3,668	1,223	25,153	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 58)

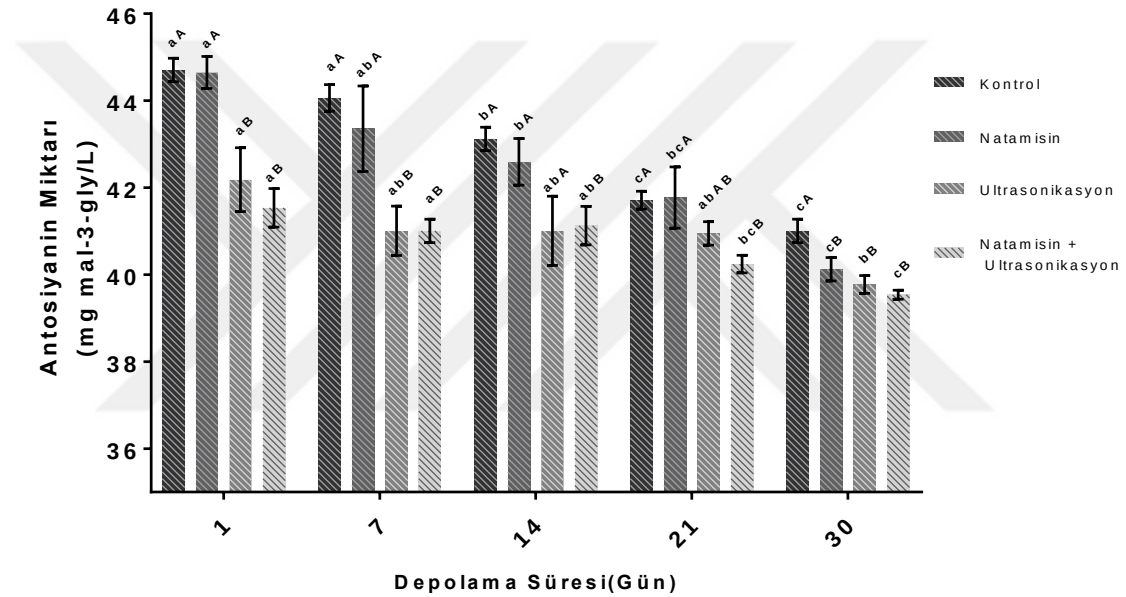
Tablo 59. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	44,71±0,27 ^{aA}	44,65±0,37 ^{aA}	42,18±0,73 ^{aB}	41,54±0,44 ^{aB}
7	44,06±0,31 ^{aA}	43,36±0,98 ^{abA}	41,01±0,57 ^{abB}	41,01±0,27 ^{aB}
14	43,12±0,27 ^{bA}	42,59±0,54 ^{bA}	41,01±0,79 ^{abB}	41,13±0,44 ^{abB}
21	41,71±0,20 ^{cA}	41,77±0,71 ^{bcA}	40,95±0,27 ^{abAB}	40,24±0,20 ^{bcB}
30	41,01±0,27 ^{cA}	40,13±0,27 ^{cB}	39,77±0,20 ^{bB}	39,54±0,10 ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneğinde toplam monomerik antosiyanin değerlerinde zamanla 1. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) fakat diğer günler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound toplam monomerik antosiyanin değerlerinde zamanla 1, 7 ve 14. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$). Birinci günün sonunda kontrol numunesi monomerik antosiyanin miktarı 44,71 (mg mal-3-gly/L), natamisin uygulaması sonunda 44,65 (mg mal-3-gly/L) tespit edilmiş ve aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Fakat diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Üzüm suyunda

30.gün sonunda kontrol numunesine göre diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süreci boyunca natamisin+ultrasound uygulamaları arasında depolama sürecinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında toplam monomerik antosiyanin 41,54 (mg mal-3-gly/L) miktarından 39,54 (mg mal-3-gly/L) miktarına düşme gerçekleşmiştir. Bir aylık depolama süresi boyunca antosiyanin miktarlarında zamanla azalmalar meydana gelmiştir. Bir aylık süre sonunda kontrol örneğine göre natamisin+ultrasound uygulaması arasında % 3,6 oranında bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 29. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının (mg mal-3-gly/L) depolama süresi değişimine etkisi

4.13. Antosiyaninlerin Parçalanma Ölçütlerinin Tayini

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasonund uygulamaları ve kontrol örneklerinin antosiyaninlerin parçalanma ölçütleri değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 62 ve Şekil 34’de değerlendirilmiştir.

Tablo 60. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının renk yoğunluğu varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,010	0,003	30,077	0,000
Natamisin	0,006	0,002	12,763	0,001
Ultrasound	0,013	0,003	17,685	0,000
Natamisin+Ultrasound	0,014	0,004	21,460	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında renk yoğunluğu miktarı değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 60)

Tablo 61. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre renk yoğunluğu varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,047	0,016	134,167	0,000
7	0,055	0,018	243,074	0,000
14	0,059	0,020	112,317	0,000
21	0,074	0,025	184,750	0,000
30	0,059	0,020	99,111	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

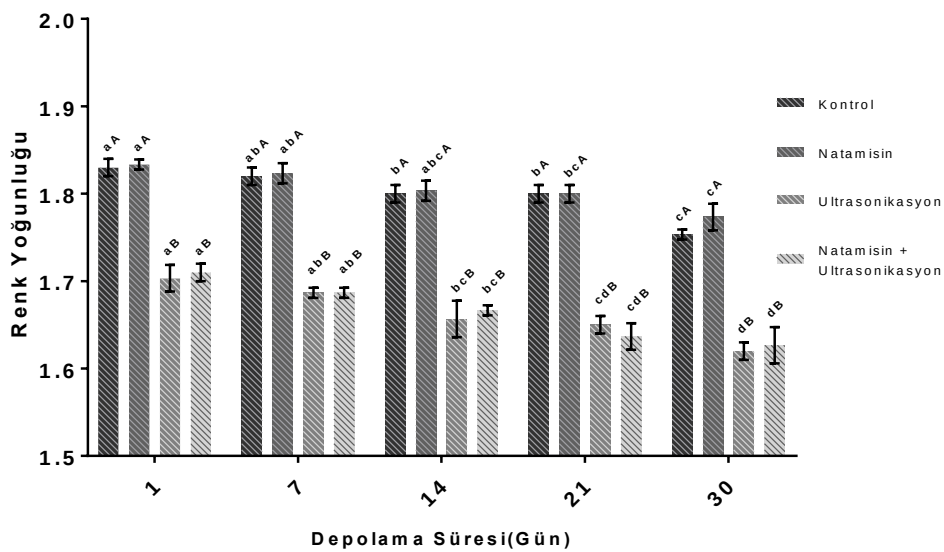
Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında renk yoğunluğu değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 61)

Tablo 62. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun renk yoğunluğunun zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	1,83±0,01 ^{aA}	1,83 ±0,01 ^{aA}	1,70±0,02 ^{aB}	1,71±0,01 ^{aB}
7	1,82±0,01 ^{abA}	1,82±0,01 ^{abA}	1,69±0,01 ^{abB}	1,69±0,01 ^{abB}
14	1,80±0,01 ^{bA}	1,80±0,01 ^{abcA}	1,66±0,02 ^{bcB}	1,67±0,01 ^{bcB}
21	1,80±0,01 ^{bA}	1,80±0,01 ^{bcA}	1,65±0,01 ^{cdB}	1,64±0,02 ^{cdB}
30	1,75±0,01 ^{cA}	1,77±0,02 ^{cA}	1,62±0,01 ^{dB}	1,63±0,02 ^{dB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneğinde renk yoğunluğu değerlerinde zamanla 1 ve 7. gün arası ile 14 ve 21. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) fakat 30. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound renk yoğunluğu değerlerinde zamanla 1, 7 ve 14. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$). Ultrasound uygulamasında birinci gün 1,70 renk yoğunluğuna sahipken 7. günde ise 1,69 renk yoğunluğuna sahiptir ve aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Fakat diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 30. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun renk yoğunluğu depolama süresi değişimine etkisi

Üzüm suyunda 1, 7, 14, 21 ve 30 günün sonunda kontrol numunesi natamisin uygulaması ile göre istatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar tespit edilmemiş ($p<0.05$) diğer uygulamalar ile ise aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamaların 21 ve 30. günleri arasında depolama sürecinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında ilk gün 1,71 renk yoğunluğundan son gün 1,63 renk yoğunluğunda azalma gerçekleşmiştir. Bir aylık depolama süresi boyunca renk yoğunluğu miktarlarında zamanla azalmalar meydana gelmiştir. Bir aylık süre sonunda kontrol örneğine göre natamisin+ultrasound uygulaması arasında % 6,9 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinde polimerik renk değerlerindeki değişimleri incelenmiş ve aşağıda Tablo 65 ve Şekil 35’de değerlendirilmiştir.

Tablo 63. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının polimerik renk varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,001	0,000	1,187	0,374
Natamisin	0,000	0,000	0,587	0,680
Ultrasound	0,001	0,000	5,150	0,016
Natamisin+Ultrasound	0,001	0,000	4,687	0,022

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile natamisin uygulamaları arasında polimerik renk değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiş ($p>0.05$), ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarında ise istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 63)

Tablo 64. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre polimerik renk varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,001	0,000	4,100	0,049
7	0,002	0,001	3,238	0,082
14	0,003	0,001	12,792	0,002
21	0,003	0,001	15,458	0,001
30	0,003	0,001	10,933	0,003

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında 7. gün dışında polimerik renk değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 64)

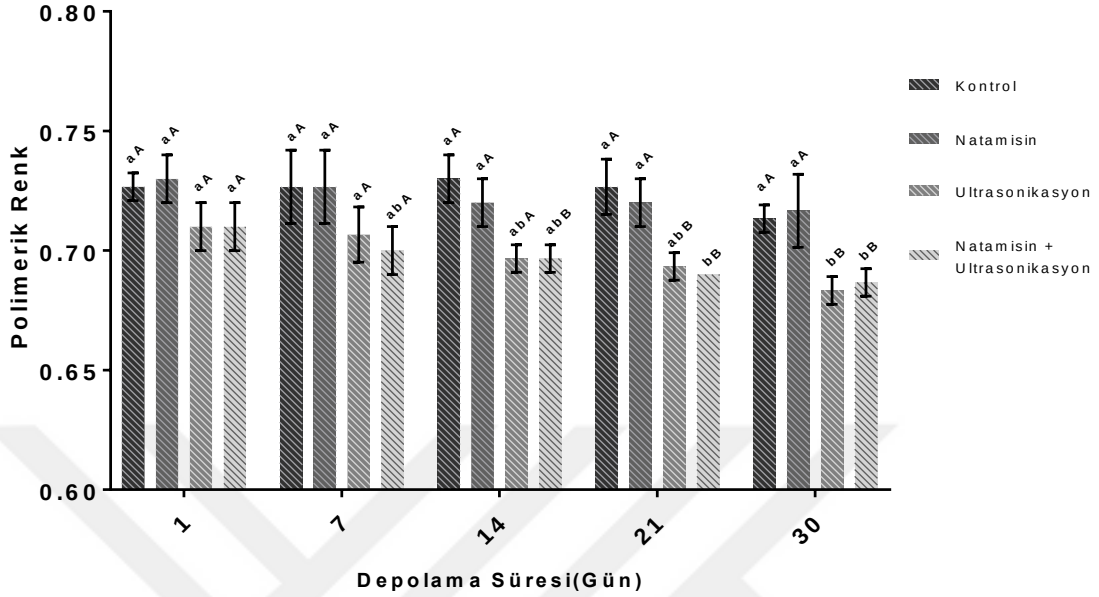
Tablo 65. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk değerlerinin zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	0,73±0,01 ^{aA}	0,73±0,01 ^{aA}	0,71±0,01 ^{aA}	0,71±0,01 ^{aA}
7	0,73±0,02 ^{aA}	0,73±0,02 ^{aA}	0,71±0,01 ^{aA}	0,70±0,01 ^{abA}
14	0,73±0,01 ^{aA}	0,72±0,01 ^{aA}	0,70±0,01 ^{abB}	0,70±0,01 ^{abB}
21	0,73±0,01 ^{aA}	0,72±0,01 ^{aA}	0,69±0,01 ^{abB}	0,69±0,00 ^{bbB}
30	0,71±0,01 ^{aA}	0,72±0,02 ^{aA}	0,68±0,01 ^{bbB}	0,69±0,01 ^{bbB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol ve natamisin örneklerinde polimerik renk değerlerinde zamanla 1, 7, 14, 21 ve 30. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ultrasound uygulamasında polimerik renk değerlerinde 1, 7, 14 ve 21. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), fakat 30. gün ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound polimerik renk değerlerinde zamanla 1, 7 ve 14. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında birinci gün 0,71 polimerik renk miktarına sahipken 30. günde ise 0,69 polimerik renk miktarına sahiptir ve aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir

($p < 0.05$). Fakat 21. gün ile 30. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 31. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk değerinin depolama süresi değişimine etkisi

Üzüm suyunda 1. gün ve 7. gün sonunda kontrol numunesi ve diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar tespit edilmemiş ($p > 0.05$) diğer zamanlarda ise aralarında istatistiksel olarak farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamaların 14, 21 ve 30. günleri arasında depolama sürecinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Ultrasound uygulamasında ilk gün 0,71 polimerik renk tespit edilirken, son gün 0,68 polimerik renk miktarına azalma gerçekleşmiştir. Bir aylık depolama süresi boyunca polimerik renk miktarlarında zamanla azalmalar meydana gelmiştir. Bir aylık süre sonunda kontrol örneğine göre natamisin+ultrasound uygulaması arasında % 2,8 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

Antosiyaninlerin parçalanma ölçütlerinde polimerik renk oranı değerlerindeki değişimleri incelenmiş ve aşağıda Tablo 68 ve Şekil 36'de değerlendirilmiştir.

Tablo 66. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının polimerik renk oranı varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	2,081	0,520	1,716	0,222
Natamisin	0,688	0,172	0,369	0,825
Ultrasound	0,421	0,105	0,312	0,864
Natamisin+Ultrasound	1,400	0,350	1,197	0,370

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile diğer uygulamalar arasında polimerik renk oranı değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). (Tablo 66)

Tablo 67. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre polimerik renk oranı varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	10,211	3,404	8,500	0,007
7	10,042	3,347	6,035	0,019
14	9,224	3,075	15,385	0,001
21	11,135	3,712	23,415	0,000
30	8,314	2,771	6,369	0,016

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

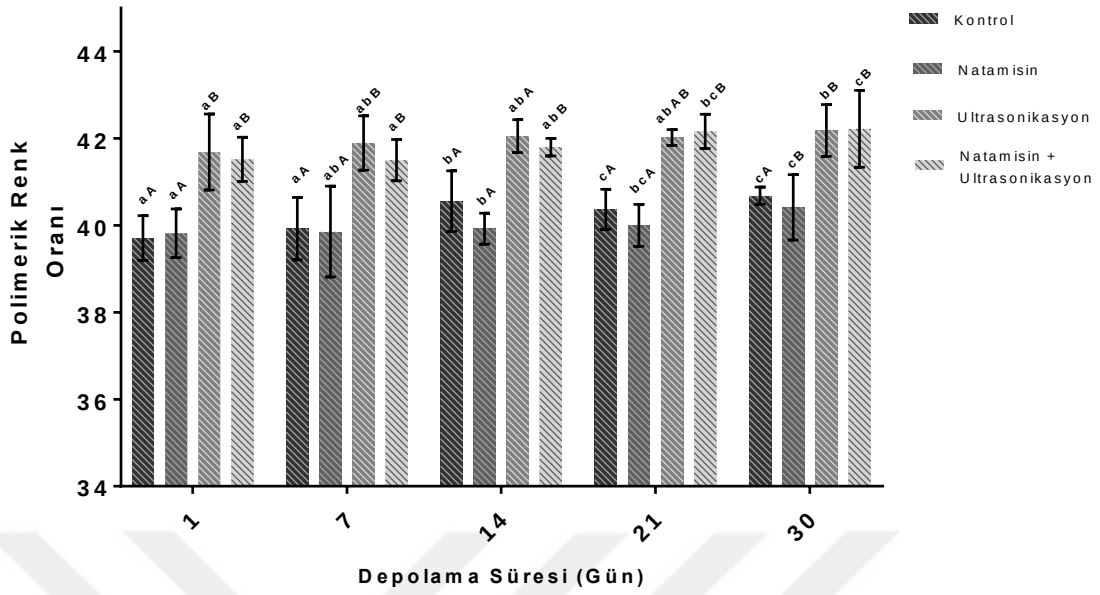
Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında polimerik renk oranı değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). (Tablo 67)

Tablo 68. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk oranı değerlerinin zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	39,71±0,51 ^{aA}	39,82±0,56 ^{aA}	41,69±0,87 ^{aB}	41,52±0,51 ^{aB}
7	39,93±0,72 ^{aA}	39,86±1,04 ^{aA}	41,90±0,62 ^{aB}	41,50±0,48 ^{aAB}
14	40,56±0,70 ^{aA}	39,93±0,36 ^{aA}	42,05±0,38 ^{aB}	41,80±0,20 ^{aB}
21	40,37±0,46 ^{aA}	40,00±0,48 ^{aA}	42,02±0,18 ^{aB}	42,16±0,39 ^{aB}
30	40,68±0,19 ^{aAB}	40,41±0,75 ^{aA}	42,18±0,60 ^{aB}	42,22±0,88 ^{aB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun natamisin örneklerinde polimerik renk oranı değerlerinde zamanla 1, 7, 14, 21 ve 30. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) ve 39,82-40,41 oranında değişiklik göstermiştir. Ultrasound uygulamasında polimerik renk oranı değerlerinde bir aylık süreçte arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound polimerik renk oranı değerlerinde zamanla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$), fakat 1. gün 41,52'lik oran 30. günün sonunda 42,22 polimerik renk oranı değerine yükselmiştir.



Şekil 32. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun polimerik renk oranı değerlerinin depolama süresi değişimine etkisi

Üzüm suyunda 1, 14, 21 ve 30. günlerde kontrol numunesi, ultasound ve natamisin+ultrasound uygulamaları arasında istatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar tespit edilmiş ($p < 0.05$), natamisin uygulaması ile bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Depolamanın 7. gününde kontrol numunesi, natamisin ve natamisin+ultrasound uygulamaları arasında istatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Bir aylık depolama süresi boyunca polimerik renk miktarlarında artışlar meydana gelmiştir. Bir aylık süre sonunda polimerik renk değerlerinde artışlar olmuştur. Artış yüzdeleri sırası ile şu şekildedir; 2,44; 1,48; 1,18; 1,69.

4.14. Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi

Üzüm suyunun ultasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/l) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 71 ve Şekil 37’de değerlendirilmiştir.

Tablo 69. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam fenolik madde miktarı varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	399,093	99,773	8,25	0,003
Natamisin	353,741	88,435	7,313	0,005
Ultrasound	166,289	41,572	2,75	0,089
Natamisin+Ultrasound	399,093	99,773	13,2	0,001

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile ultrasound hariç diğer uygulamalar arasında toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/l) değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 69)

Tablo 70. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam fenolik madde miktarı varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	763,416	254,472	44,889	0,000
7	627,362	209,121	36,889	0,000
14	929,705	309,902	41,000	0,000
21	701,058	233,686	8,244	0,008
30	474,301	158,100	13,944	0,002

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

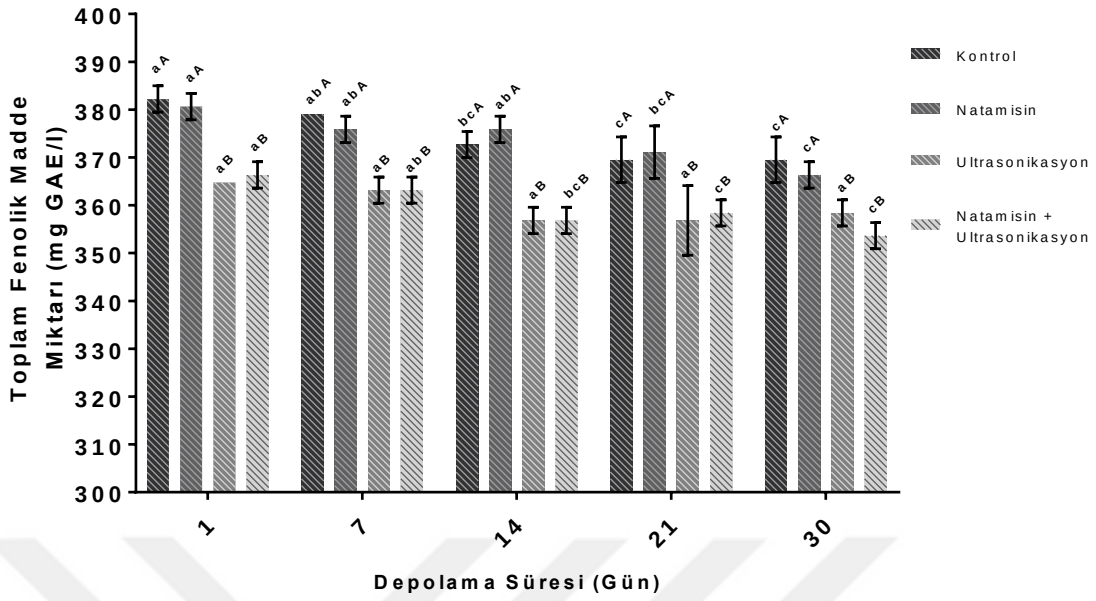
Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/l) değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 70)

Tablo 71. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam fenolik madde miktarının (mg GAE/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	382,22±2,75 ^{aA}	380,63±2,75 ^{aA}	364,76±0,00 ^{aB}	366,35±2,75 ^{aB}
7	379,05±0,00 ^{abA}	375,87±2,75 ^{abA}	363,17±2,75 ^{aB}	363,17±2,75 ^{abB}
14	372,70±2,75 ^{bcA}	375,87±2,75 ^{abA}	356,83±2,75 ^{aB}	356,83±2,75 ^{bcB}
21	369,52±4,76 ^{cA}	371,11±5,50 ^{bcA}	356,83±7,27 ^{aB}	353,65±2,75 ^{cB}
30	369,52±4,76 ^{cA}	366,35±2,75 ^{cA}	358,41±2,75 ^{aB}	353,65±2,75 ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneğinde toplam fenolik madde miktarı değerlerinde zamanla 1 ve 7. gün arası ile 21 ve 30. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) fakat 14.gün arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin uygulamasında 7, 14 ve 21. günler arasında toplam fenolik madde miktarı değerlerinde arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ultrasound uygulamasında bir aylık zaman diliminde toplam fenolik madde miktarı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında 14, 21 ve 30. günler arasında toplam fenolik madde miktarı değerlerinde arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Uygulamalarının 30. gününde kontrol örneği ile natamisin uygulaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) diğer uygulamalar ile anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca toplam fenolik madde miktarında zamanla azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin 1. gün ile 30. gün arasındaki azalmaları yüzde olarak sırası ile % 3,3; %3,8; %1,7; % 3,5 tespit edilmiştir.



Şekil 33. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam fenolik madde (mg GAE/l) depolama süresi değişimine etkisi

4.15. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Değişimi

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı (mg CE/l) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 74 ve Şekil 38’de değerlendirilmiştir.

Tablo 72. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	2,245	0,561	5,500	0,013
Natamisin	3,197	0,799	5,875	0,011
Ultrasound	3,537	0,884	8,667	0,003
Natamisin+Ultrasound	6,599	1,650	16,167	0,000

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile ultrasound hariç diğer uygulamalar arasında toplam flavonoid madde miktarı (mg CE/l) değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 72)

Tablo 73. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,468	0,156	1,222	0,363
7	0,128	0,043	1,000	0,441
14	0,170	0,057	0,333	0,802
21	0,468	0,156	1,222	0,363
30	1,701	0,567	6,667	0,014

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda 30. gün hariç diğer zamanlar arasında toplam flavonoid madde miktarı (mg CE/l) değişimlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 73)

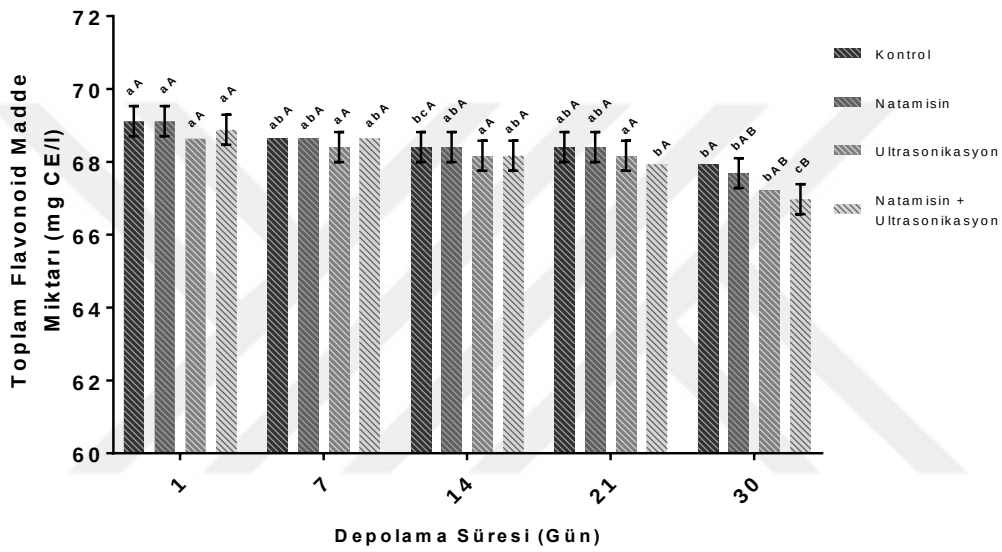
Tablo 74. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam flavonoid madde miktarı (mg CE/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	69,12±0,41 ^{aA}	69,12 ±0,41 ^{aA}	68,64±0,00 ^{aA}	68,88±0,41 ^{aA}
7	68,64±0,00 ^{abA}	68,64±0,00 ^{abA}	68,40±0,41 ^{aA}	68,64±0,00 ^{abA}
14	68,40±0,41 ^{bcA}	68,40±0,41 ^{abA}	68,17±0,41 ^{aA}	68,17±0,41 ^{abA}
21	68,40±0,41 ^{abA}	68,40±0,41 ^{abA}	68,17±0,41 ^{aA}	67,93±0,00 ^{bA}
30	67,93±0,00 ^{bA}	67,69±0,41 ^{bAB}	67,21±0,00 ^{bAB}	66,98±0,41 ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol örneğinde toplam flavonoid madde miktarı değerlerinde zamanla 1, 14 ve 21. günler ile 7 ve 30. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin uygulamasında 1, 7, 14 ve 21. günler arasında toplam flavonoid madde miktarı değerlerinde arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), fakat 30. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ultrasound uygulamasında 30. gün hariç bir aylık zaman diliminde toplam flavonoid madde miktarı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında 1, 7 ve 14. günler arasında toplam flavonoid madde miktarı değerlerinde

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 1, 7, 14 ve 21 günlerinde kontrol örneği diğer uygulamaların toplam flavonoid madde miktarları arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolama süresi boyunca toplam flavonoid madde miktarında zamanla azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Natamisin+ultrasound uygulamasında 30. gün sonunda kontrol örneğine göre 67,93 mg CE/l miktarından 66,98 mg CE/l miktarına örneklerin 1. gün ile 30. gün arasındaki azalmaları yüzde olarak sırası ile % 1,7; % 2,1; % 2,1; % 2,8 tespit edilmiştir.



Şekil 34. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam flavonoid madde (mg CE/l) depolama süresi değişimine etkisi

4.16. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini (TEAC)

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 77 ve Şekil 39'da değerlendirilmiştir.

Tablo 75. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam antioksidan madde miktarı varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	2,752	0,688	1,625	0,243
Natamisin	3,810	0,953	3,000	0,072
Ultrasound	7,409	1,852	17,500	0,000
Natamisin+Ultrasound	5,733	1,433	7,167	0,005

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Muamele sonunda kontrol numunesi ile natamisin hariç diğer uygulamalar arasında toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 75)

Tablo 76. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre toplam antioksidan madde miktarı varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	22,115	7,372	27,860	0,000
7	22,515	7,505	90,060	0,000
14	26,529	8,843	66,840	0,000
21	25,909	8,636	24,821	0,000
30	27,065	9,022	18,786	0,001

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

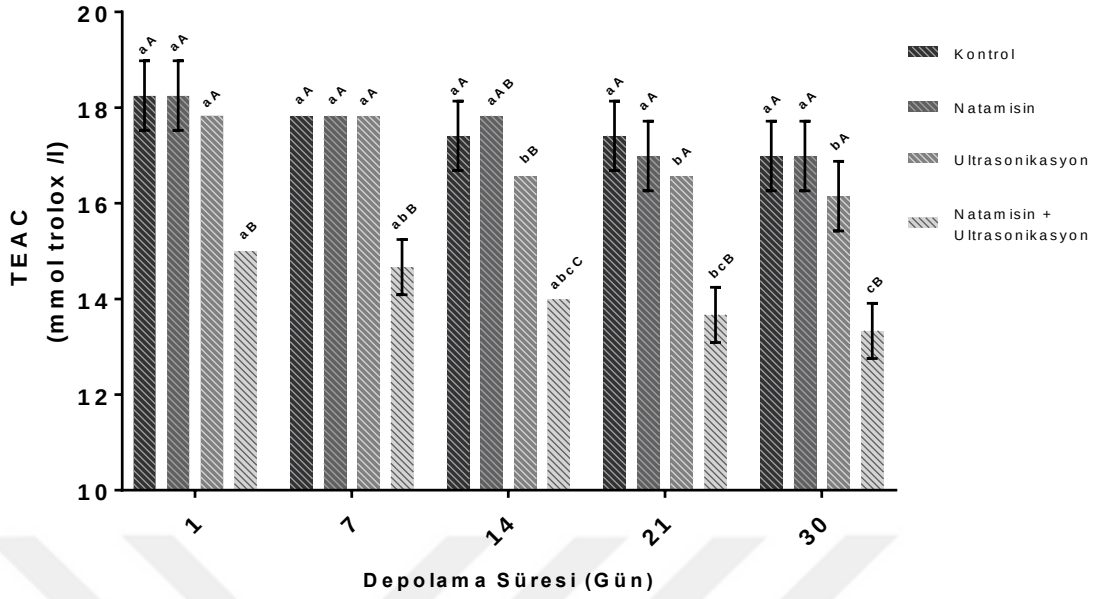
Yapılan çalışma sonunda bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) değişimlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). (Tablo 76)

Tablo 77. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	18,25±0,73 ^{aA}	18,25±0,73 ^{aA}	17,83±0,00 ^{aA}	17,83±0,00 ^{aB}
7	17,83±0,00 ^{aA}	17,83±0,00 ^{aA}	17,83±0,00 ^{aA}	17,41±0,58 ^{abB}
14	17,41±0,73 ^{aA}	17,83±0,00 ^{aAB}	16,57±0,00 ^{bB}	16,57±0,00 ^{abcC}
21	17,41±0,73 ^{aA}	16,99±0,73 ^{aA}	16,57±0,00 ^{bA}	16,15±0,58 ^{bcB}
30	16,99±0,73 ^{aA}	16,99±0,73 ^{aA}	16,15±0,73 ^{bA}	15,73±0,58 ^{cB}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol ve natamisin örneklerinde toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) değerlerinde zamanla kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ultrasound uygulamasında 1 ve 7. gün ile 14, 21 ve 30. günler kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), fakat birbirleri ile istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında 1, 7 ve 14. günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), fakat diğer günler ile istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama sürecinin 1, 7, 14 ve 30. günlerinde kontrol, natamisin ve ultrasound uygulamalarında toplam antioksidan miktarı TEAC (mmol trolox/l) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 14. gününde natamisin+ultrasound uygulaması diğer uygulamalar ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama sürecinde natamisin+ultrasound uygulamasının 1. gününde 17,83 mmol trolox/l tespit edilirken 30. günde ise %11,8 azalma ile 15,73 mmol trolox/l olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca toplam antioksidan TEAC (mmol trolox/l) miktarında zamanla azalmalar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 39. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun toplam antioksidan TEAC (mmol trolox/l) depolama süresi değişimine etkisi

4.17. Hidroksimetil Furfural (HMF) Miktarı Değişimi

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin HMF (mg/l) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda Tablo 80 ve Şekil 40'de değerlendirilmiştir.

Tablo 78. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının toplam flavonoid madde miktarı varyans analizi sonuçları

Muamele	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Kontrol	0,034	0,008	1,980	0,174
Natamisin	0,025	0,006	2,242	0,137
Ultrasound	0,036	0,009	2,163	0,147
Natamisin+Ultrasound	0,043	0,011	3,788	0,040

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Muamele sonunda natamisin+ultrasound hariç diğer uygulamalar arasında HMF (mg/l) değerlerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). (Tablo 78)

Tablo 79. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının zamanlara göre HMF (mg/l) değerlerinin varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	0,008	0,003	0,296	0,827
7	0,023	0,008	7,200	0,012
14	0,023	0,008	1,800	0,225
21	0,016	0,005	2,145	0,173
30	0,016	0,005	4,485	0,040

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışmada bir aylık depolama süresi sonunda zamanlar arasında HMF (mg/l) değişimlerinde 30. gün hariç istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 79)

Tablo 80. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun HMF (mg/l) miktarlarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

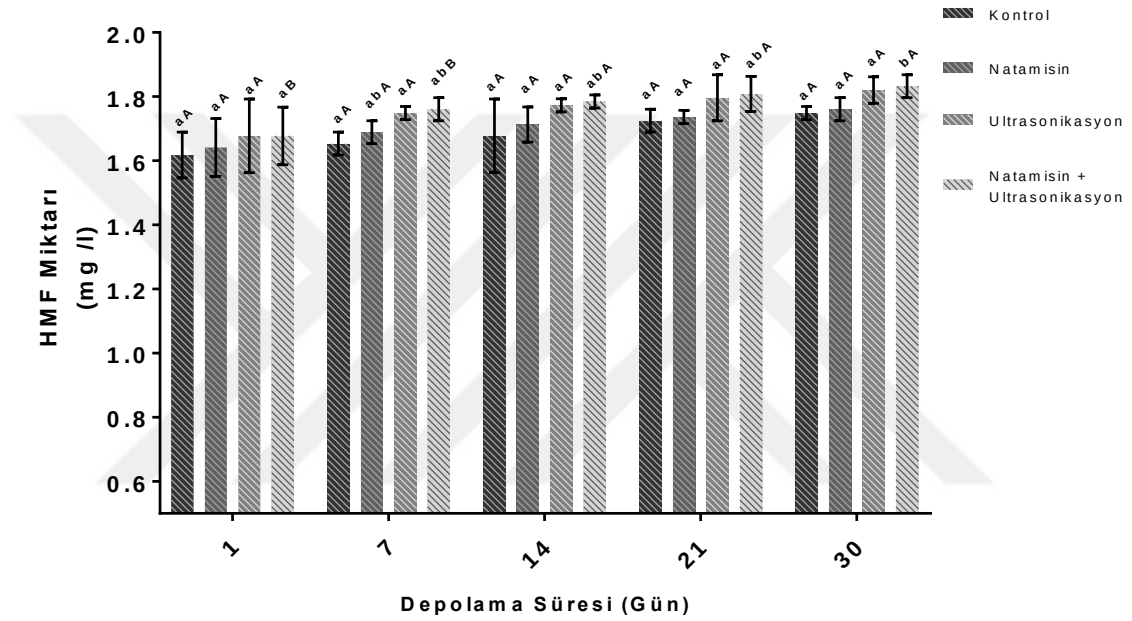
Zaman(Gün)	Kontrol	Natamisin	Ultrasound	Natamisin + Ultrasound
1	1,62±0,07 ^{aA}	1,64±0,09 ^{aA}	1,68±0,11 ^{aA}	1,68±0,09 ^{aB}
7	1,65±0,04 ^{aA}	1,69±0,04 ^{aAB}	1,75±0,02 ^{aB}	1,76±0,04 ^{abB}
14	1,68±0,11 ^{aA}	1,71±0,05 ^{aA}	1,77±0,02 ^{aA}	1,78±0,02 ^{abA}
21	1,73±0,04 ^{aA}	1,74±0,02 ^{aA}	1,80±0,07 ^{aA}	1,81±0,05 ^{abA}
30	1,75±0,02 ^{aA}	1,76±0,04 ^{aA}	1,82±0,04 ^{aA}	1,83±0,04 ^{bA}

Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler ve aynı sütunda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Üzüm suyunun kontrol, natamisin ve ultrasound örneklerinde HMF (mg/l) değerlerinde bir aylık zaman aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Natamisin+ultrasound uygulamasında 1, 7, 14 ve 21. günlerinde kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$), depolamanın 30. gününde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın 1, 14, 21 ve 30. günlerinden kontrol örneklerine göre diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir. Depolamanın 7. Gününde kontrol örneği natamisin uygulaması ile istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit

edilmemiş ($p>0.05$), fakat diğer uygulamalar ile istatistiksel olarak anlamlı farkların olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Depolama sürecinde natamisin+ultrasound uygulamasının 1. gününde 1,68 HMF mg/l tespit edilirken 30. günde ise 1,83 m HMF mg/l olarak artış olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca toplam HMF (mg/l) miktarlarında zamanla artışların olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin 1. gün ile 30. gün arasındaki artışları, % 8,1; % 7,3; % 8,5; % 9,2 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 35. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun HMF (mg/l) miktarlarının depolama süresi değişimine etkisi

4.18. Duyusal Analiz Değerlendirilmesi

Üzüm suyunun ultrasound, natamisin, natamisin+ultrasound uygulamaları ve kontrol örneklerinin duyusal analiz (puanlama testi) değerlerindeki değişimleri 1 ay boyunca (1. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün, 30. gün) incelenmiş ve aşağıda değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme 1-5 (1-çok kötü, 1-kötü, 3-orta, 4-iyi, 5-çok iyi) puanlama sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Duyusal özelliklere ait panelistler tarafından verilen puan ortalamalarına göre hesaplamalar yapılmıştır. (Tablo 82)

Tablo 81. Kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının duyuşal analiz varyans analizi sonuçları

Zaman (Gün)	Değerlendirme	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
1	Renk	0,075	0,025	0,209	0,889
		0,1	0,033	0,24	0,868
		0,075	0,025	0,158	0,924
		0,1	0,033	0,24	0,868
		0,075	0,025	0,158	0,924
7	Kıvam	0,075	0,025	0,209	0,889
		0,1	0,033	0,24	0,868
		0,075	0,025	0,209	0,889
		0,1	0,033	0,24	0,868
		0,075	0,025	0,158	0,924
14	Koku	0,075	0,025	0,209	0,889
		0,075	0,025	0,209	0,889
		0,075	0,025	0,158	0,924
		0,075	0,025	0,158	0,924
		0,1	0,033	0,24	0,868
21	Tat	0,1	0,033	0,24	0,868
		0,075	0,025	0,158	0,924
		0,1	0,033	0,162	0,921
		0,4	0,133	0,8	0,502
		0,075	0,025	0,158	0,924
30	GenelKabul	0,075	0,025	1,000	0,404
		0,075	0,025	0,333	0,801
		0,275	0,092	0,805	0,499
		0,1	0,033	0,24	0,868
		0,275	0,092	0,6	0,619

İstatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Yapılan çalışmada bir aylık depolama süresi sonunda duyuşal analiz (puanlama testi) değişimlerinde bir aylık zaman süresinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). (Tablo 81)

Tablo 82. Farklı uygulamalar sonucunda üzüm suyunun duyuşsal analiz (puanlama testi) sonuçlarının zamanla ve uygulamalar üzerinde değişimi

Zaman (Gün)	Muamele	Duyuşsal Test				
		Renk	Kıvam	Koku	Tat	Genel Kabul
1	Kontrol	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	5,00±0,00 ^a
	Natamisin	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	5,00±0,00 ^a
	Ultrasound	4,82±0,42 ^a	4,91±0,32 ^a	4,91±0,32 ^a	4,82±0,42 ^a	5,00±0,00 ^a
	Natamisin + Ultrasound	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a
7	Kontrol	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a
	Natamisin	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	5,00±0,00 ^a
	Ultrasound	4,82±0,42 ^a	4,82±0,42 ^a	4,91±0,32 ^a	4,82±0,42 ^a	4,91±0,32 ^a
	Natamisin + Ultrasound	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a
14	Kontrol	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	5,00±0,00 ^a
	Natamisin	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a
	Ultrasound	4,82±0,42 ^a	4,82±0,42 ^a	4,82±0,42 ^a	4,73±0,48 ^a	4,82±0,42 ^a
	Natamisin + Ultrasound	4,89±0,32 ^a	4,89±0,32 ^a	4,89±0,32 ^a	4,67±0,48 ^a	4,78±0,42 ^a
21	Kontrol	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a	4,90±0,32 ^a
	Natamisin	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a
	Ultrasound	4,91±0,32 ^a	4,82±0,42 ^a	4,82±0,42 ^a	4,73±0,48 ^a	4,82±0,42 ^a
	Natamisin + Ultrasound	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,67±0,48 ^a	4,89±0,32 ^a
30	Kontrol	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a
	Natamisin	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	4,80±0,42 ^a	4,90±0,32 ^a	4,80±0,42 ^a
	Ultrasound	4,82±0,42 ^a	4,91±0,32 ^a	4,82±0,42 ^a	4,82±0,42 ^a	4,91±0,32 ^a
	Natamisin + Ultrasound	4,78±0,42 ^a	4,78±0,42 ^a	4,89±0,32 ^a	4,78±0,42 ^a	4,67±0,48 ^a

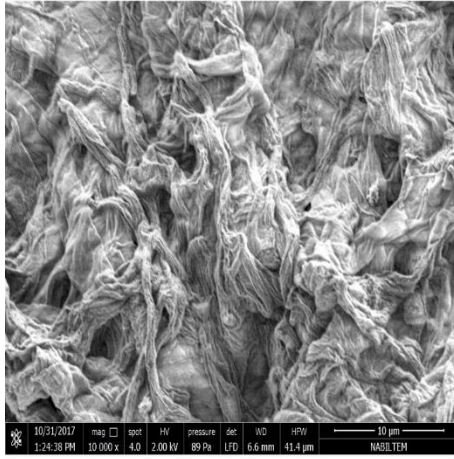
Aynı satırda yer alan küçük harfler istatistiksel olarak farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Üzüm suyunun kontrol, natamisin, ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulamalarının duyuşsal analiz puanlarının depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p>0.05). Üzüm suyunun renk açısından değerlendirilmesinde natamisin+ultrasound uygulamasında 1. gün 4,89 puan ortalamasına sahipken 30. gün 4,78 puan ortalaması düşmüştür fakat önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Kıvam açısından değerlendirdiğimizde ise 30. günün sonunda kontrol örneği 4,80 ortalama puana sahipken ultrasound 4,91 puan ortalaması ile daha çok beğenilmiştir. Koku değerlendirilmesinde bütün örnekler çok iyi bulunmuştur fakat 30. günde natamisin örneği diğer örneklere göre daha az puanlanmıştır. Tat değerlendirilmesinde 30. gün sonunda natamisin uygulaması 4,9 ortalama puan alması panelistlerce çok beğenildiğini ve tadı etkilemediği sonucunu varılmıştır. Genel

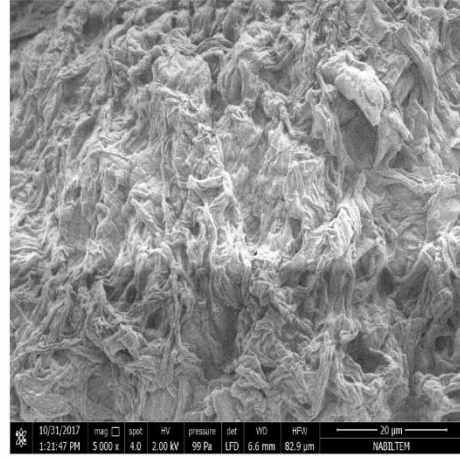
değerlendirmede bütün uygulamalar 4,5 puan ortalamasının üzerinde çok beğenilmiş ve istatistiksel olarak da önemli farklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

4.19. Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM, Scanning Elektron Microscopy) Görüntü Analizi

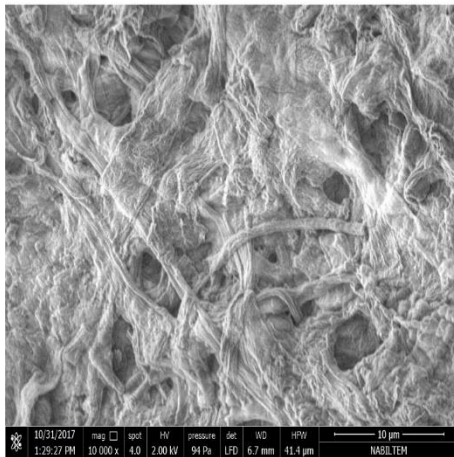
Küf suşunun (*Botrytis cinerea*) SEM ile görüntü analizi 1 dk, 2 dk, 3 dk, 5 dk, 10 dk ve 15 dk olmak üzere 60 amplitütude ultrasound uygulamasına tabi tutulmuştur. Kontrol örneği ve ultrasound uygulanmış örneklerin görüntü çekimleri (10, 20 μ m) şekil 41, 42, 43, 44, 45 ve 46'da değerlendirilmiştir.



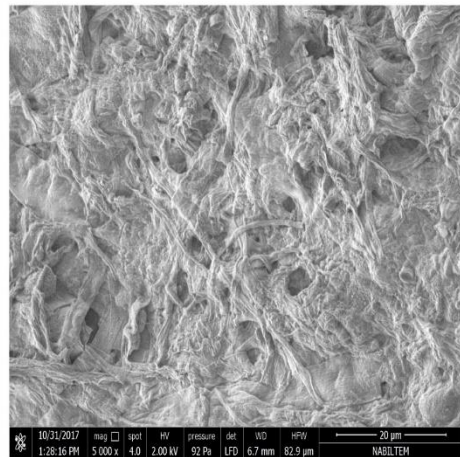
Kontrol 10 μ m



Kontrol 20 μ m

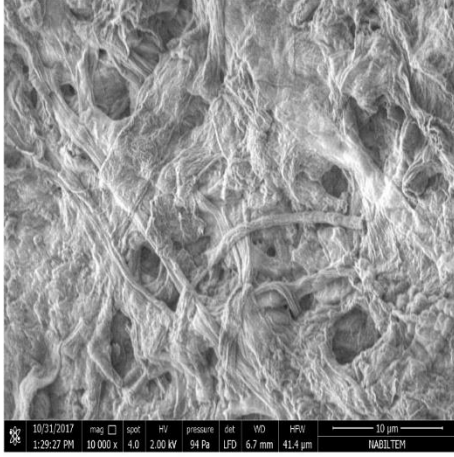


Ultrasound (1 dk) 10 μ m

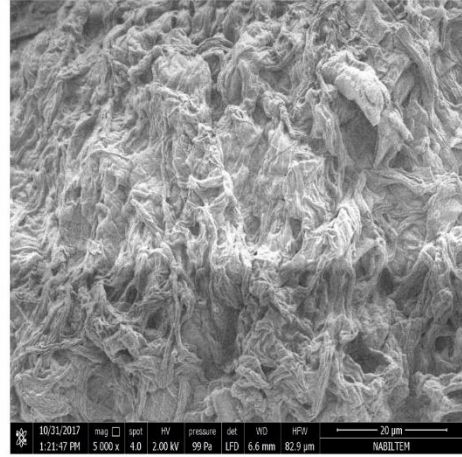


Ultrasound (1 dk) 20 μ m

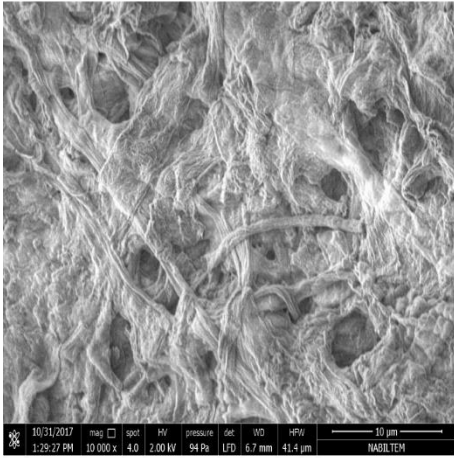
Şekil 36. *Botrytis cinerea* suşuna 1 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü



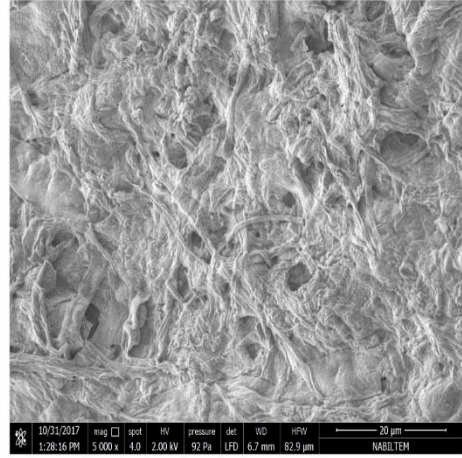
Kontrol 10 µm



Kontrol 20 µm

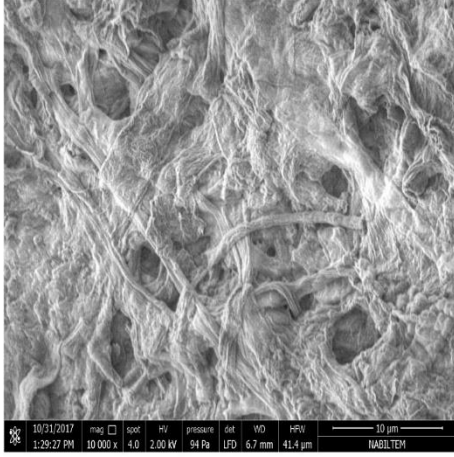


Ultrasound (2 dk) 10 µm

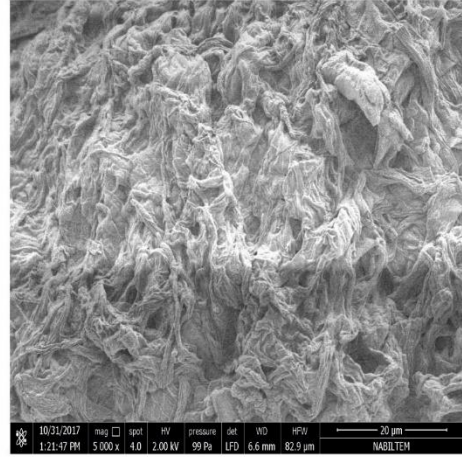


Ultrasound (2 dk) 20 µm

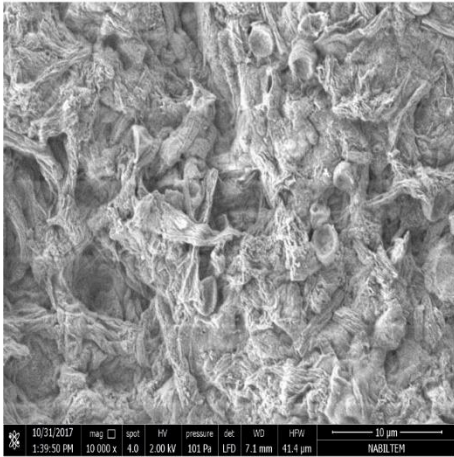
Şekil 37. *Botrytis cinerea* suşuna 2 dakika 60 amplitude uygulanması sonucu SEM görüntüsü



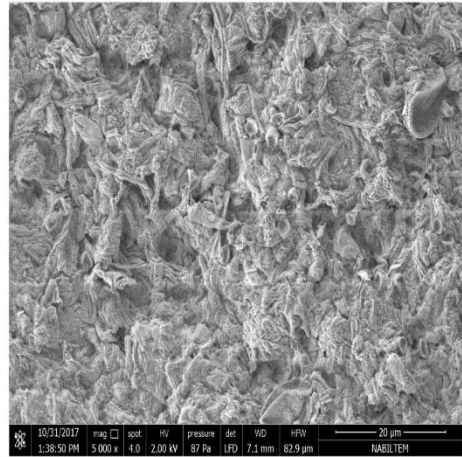
Kontrol 10 µm



Kontrol 20 µm

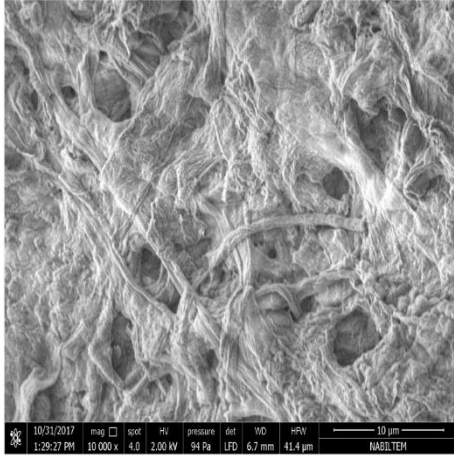


Ultrasound (3 dk) 10 µm

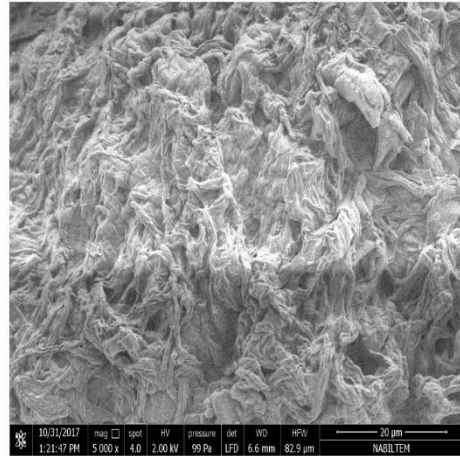


Ultrasound (3 dk) 20 µm

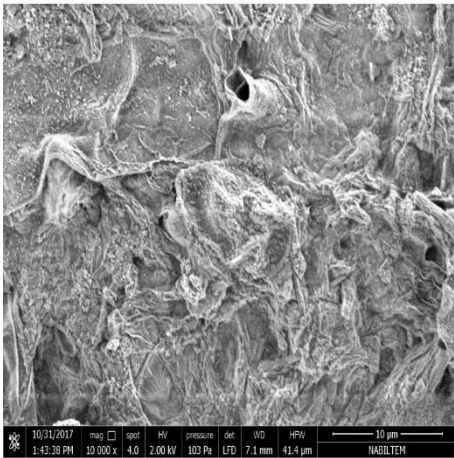
Şekil 38. *Botrytis cinerea* suşuna 3 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü



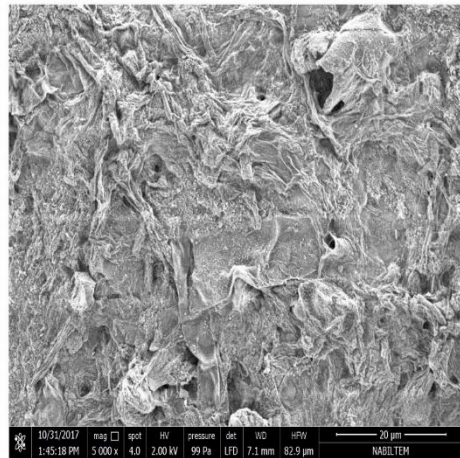
Kontrol 10 µm



Kontrol 20 µm



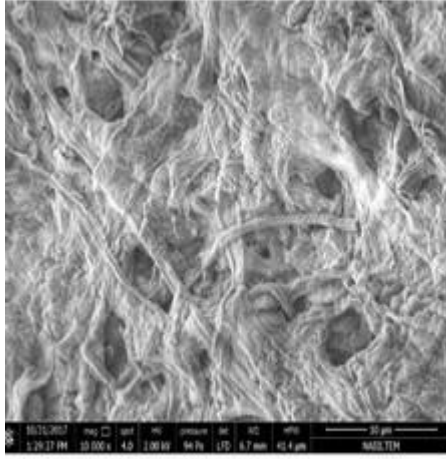
Ultrasound (5 dk) 10 µm



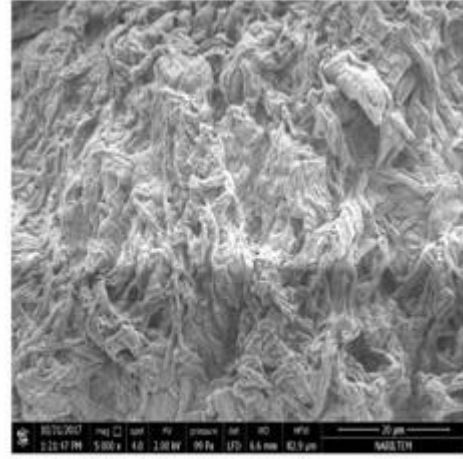
Ultrasound (5 dk) 20 µm

Şekil 39. *Botrytis cinerea* suşuna 5 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü

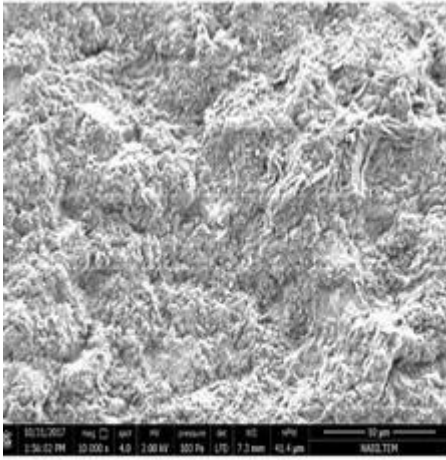
Ultrasound uygulamasından sonra kontrol ve muamele örneklerinin elektron mikroskobu görüntüleri kıyaslandığında, *Botrytis cinerea* suşunun görüntülerde 1, 2 ve 3.dk uygulamalarında az etkilendiği gözlemlenmiştir. Uygulamanın 5. dakikasında küf üzerinde parçalanma, düzleşme ve çukur (por) oluşumlarının olduğu tespit edilmiştir. Uygulamanın 10 ve 15. dakikasında ise küfler üzerinde tamamıyla yıkıcı bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir.



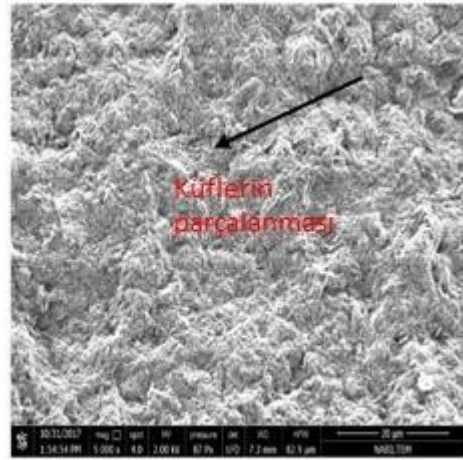
Kontrol 10 µm



Kontrol 20 µm



Ultrasound (15 dk) 10 µm



Ultrasound (15 dk) 20 µm

Şekil 41. *Botrytis cinerea* suşuna 15 dakika 60 amplitute uygulanması sonucu SEM görüntüsü

5. TARTIŞMA

5.1. Mikrobiyoloji Analiz Sonuçlarının Tartışılması

Yapılan araştırmalarda süt ve süt ürünlerinde natamisin uygulamalarında küf ve mayalar üzerinde antifungal etkisi tespit edilmiştir (dos Santos Pires ve ark., 2008; Fajardo ve ark., 2010; Ture ve ark., 2011). Kaşar peyniri için *Aspergillus niger* ve *Penicillium camemberti* kullanılarak agar disk difüzyon yöntemiyle yapılan çalışmada natamisin etkili bulunmuştur (Sarıtaş, 2017).

Turuncgillerde, nar suyu, vişne suyu ve domateste bozulma etmeni küf üzerine yapılan disk difüzyon testlerinde natamisin antifungalının değişik derişimler de yapılan çalışmalarda orantılı olarak başarılı sonuçlar alındığı tespit edilmiş (Akbal, 2017; Onay, 2015; Yiğiter, 2013; Yıkmış, 2013).

Natamisinin, peynir küf mikroflorasına etkisinin incelendiği çalışmada türler arasında MİK (Minimum inhibitör konsantrasyonu) değeri 10 ppm ile 40 ppm arasında tespit edilmiştir (Hoekstra ve ark., 1998). Yapılan bir başka çalışmada 10 çiftlik peynirinde ve yumuşak peynirler üzerindeki mikroflora üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada MİK değeri en az 10 ppm olarak tespit edilmiştir (Fente-Sampayo ve ark., 1995). Concord ve Niagara üzüm suyunda antifungalların etkilerinin incelendiği çalışmada 10 veya 20 ppm natamisin ve 250 ppm DMDC (dimethyldicarbonate) artı 5 veya 10 ppm natamisin uygulamaları yapılmıştır. DMDC+natamisin kombinasyonunda raf ömrü açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Siricururata ve ark., 2013). 10 ile 40 ppm arasında natamisin antifungalının, elma, portakal ve ananas sularında maya suşlarının çoğunun büyümesini geciktirdiğini gözlemlemişlerdir (Thomas and J. Delves-Broughton, 2001). Natamisinin hemen hemen tüm gıda kaynaklı mantarlara karşı MİK değeri, 20 ppm'den azdır. Natamisin sulu gıda sistemlerinde çözünürlüğü yaklaşık 40 ppm'dir (Stark, 2003). Natamisinin ABD'de tortilla ekmeklerde 14 mg/kg kadar kullanılabilir. Aynı zamanda 20 mg /kg'a kadar muffin ve 7 mg/kg'a kadarda kek, ultrasound uygulanmış muffinlere kullanımına izin verilmektedir. Çin'de işlenmiş ürünlerdeki kalıntının 10 mg/kg'dan az olması şartıyla ay çöreklerinin ve fırınlanmış ürünlerin yüzeyinde kullanılabilir. 200 ± 300 mg/kg lik bir konsantrasyonda süspansiyon halinde püskürtülerek veya daldırılarak uygulanmaktadır. Tarafımızdan yapılan

çalışmanın sonuçlarına baktığımızda MIK değerleri sınırlarında benzerlikler gözlenmiştir.

Yapılan bir araştırmada şalgam suyuna inoküle edilen *Candida inconspicua* üzerinde ultrasound uygulamasında amplitude ve uygulama zamanının artması ile inaktivasyon miktarının arttığını tespit etmişleridir (Avcı, 2008). Bir başka çalışmada, nar suyunda *Escherichia coli* O157: H7 ve *Saccharomyces cerevisiae* suşlarının inhibisyonunda çeşitli amplitüdlere (% 50, % 75 ve % 100) ve zamanlarda (0, 6, 12, 18, 24 ve 30 dk) ultrasound muamelesi yapılmıştır. Araştırma sonuçlarında amplitude ve zaman arttıkça inaktivasyon miktarlarında artışlar gözlemlemişler (Pala ve ark., 2015). Sıcaklık, amplitud ve basıncın *Yersinia enterocolitica* üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, amplitüdün 150 µm ' ye artırılmasıyla (30 °C'de ve 200 kPa) D değerin 4 dakikadan 0,37 dakikaya düştüğünü tespit etmişlerdir (Raso ve ark., 1998). Domates suyundaki maya (*Pichia fermentans*) inaktivasyonunun modellenmesi çalışmasında 24,4; 30,5; 42,7; 54,9 ve 61 amplitudedeki değişen genlik seviyelerinde 2, 4, 6, 8 ve 10 dakikalık uygulamalarda yüksek genlik ve zamanın daha başarılı olduğu kanısı varmışlardır (Adekunte ve ark., 2010a). Kaktüs armut (dikenli armut) suları (yeşil ve mor) içine aşılanmış *Escherichia coli*'nin inaktivasyonu için yapılan bir çalışma (1, 3 ve 5 dk için % 60, % 70, % 80 ve % 90 amplitüd) 5 gün boyunca değerlendirmiştir. Her iki meyve suyunda en fazla 5 dakika boyunca % 90 genlikte tespit edilemeyen seviyelerde mikrobiyal inaktivasyon gerçekleşmiştir (Cruz-Cansino ve ark., 2016). *Escherichia coli* patojeni inaktivasyonu çalışmasında farklı amplitude (% 40 ve % 80), pH ve sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. Amplitude miktarının artmasının uygulama sürenin kısalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Akustik gücün artması mikrobiyal inaktivasyonu artırmış ve daha kısa sürede aynı sonuçların alınmasına fayda sağladığı gözlemlenmiştir (Çil, 2007). Ultrasound etkisinin yoğunluğunun genlik ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ultrasoundun amplitüdü arttığında kavitasyon geçiren bölge daha fazla inaktivasyona yol açmaktadır (Guerrero ve ark., 2001). Yaptığımız çalışmada amplitude miktarı arttıkça *Botrytis cinerea* üzerinde inaktivasyonun arttığı ve sürenin de doğru orantılı olarak desteklediği tespit edilmiştir.

Yapılan bir araştırmada domates suyuna uygulanan ultrasound (61 amplitude ve 7,5 dk) muamelesi sonucunda kontrol örneğine göre toplam maya yükünde 5 log (kob/ml) azalma tespit etmişlerdir (Adekunte ve ark., 2010b). Antimikrobiyal ve ultrasound

kombine etkisinin incelendiği bir çalışmada, portakal suyunda *Fusarium oxysporum* patojeninin inhibe edilmesinde ultrasound (20 kHz, 130 W, amplitude 40–100%) turunçgil ekstraktı ve benzoat ile birlikte kullanılarak 14. gün sonunda 5 log (kob/ml) azalma meydana gelmiştir (Bevilacqua ve ark., 2013b). Farklı meyve ve sebze sularının sterilizasyon ve mikrobiyal gelişim açısından işlenmesi için yapılan çalışmada, UV, ham portakal kabuğu ekstraktı ve 20 kHz, 100 W, süre, 15 dakikaya kadar sonikasyon kombinasyonu uygulanmıştır. Mikroorganizmaların 5 log dan daha az indirgenmesi sağlamış ve 20 gün boyunca buzdolabında mikrobiyolojik ve fizikokimyasal güvenlik limitlerini koruduğunu tespit etmişlerdir (Khandpur ve Gogate, 2015).

Ultrasound uygulanması sırasında hücre içi parçacıkların parçalanmasının hücre duvarlarının bozulmasından daha hızlı olduğunu ve ultrasound ince membran fragmentasyonu ile hızlı bir şekilde mitokondrileri bozduğunu belirtilmiştir (Alliger, 1975). Sonikasyonun mikrobiyal inaktivasyon (*E. coli* ve *S. mutans*) üzerindeki etkisini incelemişler ve inaktivasyon mekanizmasının esas olarak kimyasal etkilere bağlı olduğu sonucuna varmışlardır (Koda ve ark., 2009).

Ultrasound işleminin antimikrobiyal etki mekanizmasının reaktif türlerin ve serbest radikallerin yanı sıra kavitasyonun oluşumuna dayandığı bildirilmiştir. Kavitasyon etkisi sıvı özelliklerine (buhar basıncı, yüzey gerilimi, viskozite) bağlıdır ve daha büyük genlikler ile azaltılabilir ve 50 °C'nin üzerindeki bir sıcaklık artışı, mikrobiyal inaktivasyonu etkileyen kavitasyonun yoğunluğunu azaltır. Ultrasoundun ölümcül seyri dalga genliğine, yoğunluğuna, gücüne ve sıcaklığına bağlıdır ve sıcaklık-ultrasounda ise duvar rüptürü veya parçalanması ve organellerin sitolojik bozulması gerçekleşmektedir (Sánchez-Rubio ve ark., 2016).

Natamisin, ergosterole karşı yüksek afinitesi nedeniyle, membranların hücre zarlarına geri dönülemez şekilde bağlanır, bu da membran hiper permeabilitesine, zaruri iyonların ve peptitlerin hızlı sızmasına ve sonuç olarak hücre lizisine neden olur. Natamisinin gıda yüzeyleri üzerine uygulanmasında, koloidal bir süspansiyon oluşturmak için suya eklenir ve daldırma veya püskürtme işlemleriyle uygulanır. Natamisin düşük konsantrasyonlarda stabilitesine koruyan bir biyoperservatiftir (Yusuf, 2014). Antimikrobiyallerle birlikte ultrasound işleminin inaktivasyon etkisinin antimikrobiyal maddenin ve konsantrasyonunun, kültür ortamının, pH, aw, genlik, ultrasound gücünün ve mikroorganizmanın doğasına bağlı olduğu yapılan çalışmalarda

bildirilmiştir (Sánchez-Rubio ve ark., 2016). Bununla birlikte, tek bir inaktivasyon yöntemi olarak ultrasound kullanımı, termosonikasyon, manosonikasyon veya diğer kombinasyonlara göre gözlenen çoğu faydalara göre kısıtlı kalabilmektedir. Tek kullanılan ultrasonikasyonda yüksek yoğunluklu sound, enerji ve zaman kullanımı gerekmektedir (Chemat ve ark., 2011). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, bireysel kullanımlara (natamisin, ultrasound) göre kombine kullanım (natamisin+ultrasound) uygulaması daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Yapılan bir çalışmada, termosonikasyon (24 kHz; 105 µm; 33,31 W/lt, 30 dk, 50 °C) ve tarçın yaprağı esansiyel yağını (0,02 mg/mL) bir arada kullanmışlardır. Doğal portakal ve nar sularında *Saccharomyces cerevisiae* inaktive edilmiş ve yaklaşık 3 log bir azalma gerçekleşmişlerdir (Sánchez-Rubio ve ark., 2016). Portakal suyunda *Listeria monocytogenes* büyümesini kontrol etmek için antimikrobiyallerle (vanilin, sitral) birlikte, yüksek yoğunluklu ultrasound (600 W, 20 kHz, 95,2 amplitüdünde) uygulama sonunda kombinasyon uygulaması başarılı olmuştur (Ferrante ve ark., 2007). Bir araştırmada, ananas, üzüm ve kıvılcık suyuna, sürekli ve darbeleri modda 10 dakika boyunca 40, 50 ve 60 °C 'de ısı etkisi-sonikasyon (24 kHz, 400 W, 120 µm) uygulamışlardır. *Saccharomyces cerevisiae*'nin inaktivasyonu için, 0 ila 10 dakika arasında belirlenmiştir. 60 °C'de, sürekli modun daha etkili olduğu bir inaktivasyon sağladığını tespit etmişlerdir. Üzüm suyunda 10 dakika sonra toplam inaktivasyon 7 log olarak tespit etmişlerdir (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2012). Portakal suyuna uygulanan bir çalışmada *Escherichia coli* K12 inaktivasyonu için 24 kHz; 100 µm; 5 dakika; 50 °C olarak uygulama sonunda başlangıçta 8 log (kob/ml) den 3,37 log (kob/ml) mikrobiyal inaktivasyon sağlamışlardır (Muñoz ve ark., 2011). Yüksek basınçlı işlem ön işleme (600 MPa, 15 dk, 39 °C), *Alicyclobacillus acidoterrestris* sporlarının portakal suyunda termosonikasyon (% 100; 20,20 W/ml; 60 dk; 78 °C) inaktivasyonunda uygulama sonunda başlangıçtaki 7 log (kob/ml) düzeyinden 4,4 log (kob/ml) düzeyine varan mikrobiyal inaktivasyon sağlanmışlardır (Evelyn ve Silva, 2016).

Termosonikasyon, geleneksel ısı işlemlerin yerine kullanılan yeni ve uygulanabilir bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ilımlı ısı ile kombine edildiğinde ultrasonikasyonun genellikle daha etkili olduğu bildirilmiştir. Bu kombine işlemin, kombine ısı ve kavitasyon ile enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyonu artırdığı; meyve

suyu kalitesinde değişikliklere neden olmadan, bakteriyel membran ve makromoleküllerin depolimerizasyonu üzerinde bir etki üretmediğinden belirtilmiştir (Anaya-Esparza ve ark., 2017a). Gerçekleştirdiğimiz çalışmayı literatür ile karşılaştırdığımızda paralel olarak, ılımlı ısı, antimikrobiyal madde ve ultrasound kombinasyonunun *Botrytis cinereanin* inaktivasyonunda daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresince yapılan genel mikrobiyolojik analizlerin Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne uygun olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2011).

5.2. pH, Briks ve Titrasyon Asitliği Sonuçlarının Tartışılması

Üzüm suyu örneklerinin, ultrasound (24,4-61 amplitude, 0-10 dakika, 20 kHz'lik sabit bir frekansta ve 5 sn'lik atım süreleri) uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ultrasound sırasında pH açısından anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$) (Tiwari ve ark., 2010). Muz suyunun verimini artırmak için ultrasound ve enzimatik işlemlerin uygulandığı çalışmada pH üzerinde ultrasound işleminin azalma etkisi yarattığını tespit edilmiştir (Bora ve ark., 2017). Çalışmamızda ise böyle bir değişim, azalma meydana gelmemiştir.

Farklı zamanlarda ultrasound işlemine tabi tutulan çilek suyunun fizikokimyasal özelliklerinin incelendiğı bir çalışmada, ultrasound işleminin pH üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır (Bhat ve Goh, 2017). Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasound işleminin depolama süresince, toplam fenol, flavonoid ve antioksidan özelliklerine etkisinin incelendiğı çalışmada; pH 4,85-4,86 arasında değişim gösterirken işlemin anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Nadeem ve ark., 2018). Ultrasound ile muamele edilen taze elma suyu (20 °C'de 25, 25 kHz, 0, 30, 60 ve 90 dk) uygulama sonunda farklı zamanlara göre pH değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (Abid ve ark., 2013). Ultrasound (28 kHz, %70 amplitude, 30, 60 ve 90 dakika) uygulamasının greyfurt suyu kalite parametreleri üzerine etkisinin incelendiğı çalışmada, pH değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (Aadil ve ark., 2013). Kaktüs armut suları (yeşil ve mor) içine aşılınmış *Escherichia coli*'nin inaktivasyonu için yapılan bir çalışma (1, 3 ve 5 dk için % 60, % 70, % 80 ve % 90 amplitüd) 5 gün boyunca değerlendirmiştir. Depolamadan sonra pH değerleri 4,90-

5,50 arasında değişmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Cruz-Cansino ve ark., 2016). Yapılan literatür taramasının genelinde ultrasound uygulamasının çalışmamızda olduğu gibi pH üzerinde önemli bir değişiklik yaratmadığı tespit edilmiştir.

Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasound işleminin depolama süresince, toplam fenol, flavonoid ve antioksidan özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada; Briks 12,50-13,02 arasında değişim gösterirken işlemin anlamlı bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir (Nadeem ve ark., 2018). Kaktüs armut suları (yeşil ve mor) içine aşılanmış *Escherichia coli*'nin inaktivasyonu için yapılan bir çalışmada, ultrasound uygulaması (1, 3 ve 5 dk için % 60, % 70, % 80 ve % 90 amplitüd) 5 gün boyunca değerlendirmiştir. Depolamadan sonra brix değerleri 12,90-16,40 arasında değişmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Cruz-Cansino ve ark., 2016). Armut suyunun ultrasound (25, 45 ve 65 °C; 10 dk; 20 kHz; %70 amplitude) ve ticari pastörizasyon işleme koşullarında kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Brix değerlerinin, geleneksel veya ultrasound-pastörizasyon uygulamalarında önemli değişiklikler göstermediği tespit edilmiştir (Saeeduddin ve ark., 2015). Mor kaktüs armut (*Opuntia ficus-indica*) suyunda ultrasound uygulamasının kalite parametrelerine etkisinin incelendiği çalışmada farklı sürelerin briks değerleri (kontrol 12,52; muamele 12,05-13,33) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, fakat değerler arasındaki farklılıkların az olduğu sonucuna varmışlardır (Zafra-Rojas ve ark., 2013). Üzüm suyu örneklerinin, ultrasound (244–61 amplitude, 0-10 dk, 20 kHz'lik sabit bir frekansta ve 5 sn'lik atım süreleri) uygulaması und sırasında Briks değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$) (Tiwari ve ark., 2010). Yapılan bir çalışmada, prebiyotik kızcılık suyu üzerine yüksek basınç işlemi ve ultrasound incelenmiş, Briks değeride istatistiksel olarak farklılıklar çıkmasına rağmen değerlerin göz ardı edilebilir seviyelerde olduğu kanısına varılmıştır (Gomes ve ark., 2017). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada da benzerlikler gözlemlenmiştir.

Araştırmacıların, açai (*Euterpe oleracea*) suyunun işlenmesinde termal olmayan kombine uygulamalar (ultrasound ve ozon) üzerine yaptıkları çalışmada, titrasyon asitliğinin ultrasound ve ozon kullanımı ile değiştirilmediğini göstermişlerdir. Farklı muamele ve parametrelerde istatistiksel olarak bir farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir ($p>0.05$) (Oliveira ve ark., 2018). Laktik asit ile fermente dut suyunun

fizikokimyasal, aroma profili ve duyuşsal özellikleri üzerindeki ultrasound (10 dk için 22 kHz, 20 dk için 22 kHz, 10 dk için 24 kHz ve 20 dk boyunca 24 kHz) etkilerinin incelendiğı çalışmada, numuneler arasında titre edilebilir asitlik bakımından önemli bir farklılık göstermediğı tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$) (Kwaw ve ark., 2018). Yapılan başka çalışmada, altın çilek suyuna ultrasound uygulamasının renk, C vitamini, toplam fenol ve karotenoid içeriğı üzerine etkisi incelenmiş, titre edilebilir asitlik (0,71-0,72 gr/100 ml) bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediğı tespit edilmiştir ($p > 0.05$) (Ordóñez-Santos ve ark., 2017). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada olduğı gibi ultrasound uygulamasının titrasyon asitliğı değerlerinde önemli bir etki yaratmadığı sonucuna varılmıştır (Gomes ve ark., 2017; Jabbar ve ark., 2014; Santhirasegaram ve ark., 2013; Tomadoni ve ark., 2017).

5.3. Renk Sonuçlarının Tartışılması

Renk, meyve sularının kalitesini işleme ve depolama sırasında değerlendiren ve tüketici memnuniyetinde önemli bir rol oynayan görsel bir belirteçtir (Aadil ve ark., 2013). Geleneksel termal sterilizasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında, termal olmayan sterilizasyon, meyve suyu için besin, lezzet ve renk için daha iyi koruma sağladığı belirtilmektedir (Jiménez-Sánchez ve ark., 2017). Bektaşî üzüm suyuna uygulanan ultrasound işleminin süresinin artışının toplam renk değişim değerleri ve h değerlerinde artışlar meydana getirdiğini tespit edilmediğı bildirilmiştir (Ordóñez-Santos ve ark., 2017). Kavun suyuna uygulanan güçlü ultrasound uygulamasında kontrol örneğine göre a değerlerinde artış olduğı b değerlerinde ise kontrol ile kıyaslandığında önemli farklılıklar tespit etmemişlerdir (Fonteles ve ark., 2012). Domates suyuna uygulanan sonikasyon işleminde L, a, b değerlerinin azaldığını ΔE değerlerinin ise arttığını tespit etmişlerdir (Adekunte ve ark., 2010b). Ananas, kıvılcık ve üzüm sularına uygulanan kesikli ve sürekli ultrasound uygulaması sonunda araştırmacılar renk değerlerinde önemli değişiklikler olmadığını tespit etmişlerdir (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2012). Yapılan bir çalışmada araştırmacılar, termosonikasyon ile muamele edilmiş karpuz suyunda daha uzun maruz kalma süresi için L değerinde maksimum artış bildirmişlerdir. Termosonikasyon işlemi nedeniyle meyve suyundaki kararsız partiküllerin çökmesinin L değerindeki artıştan sorumlu olabileceğini ifade etmişlerdir (Rawson ve ark., 2011). Ancak başka bir çalışmada L değerindeki artışın,

homojenizasyonla sonuçlanan sonikasyonun etkisi altında meyve suyunun bulut değerindeki artışa bağlı olabileceğini bildirmişlerdir (Tiwari ve ark., 2008a). Meyve suyunun L değerindeki bir azalma, koyulaşan bir renk ile sonuçlanan kızarmayı göstermektedir (Tiwari ve ark., 2009). Termal olarak işlenmiş meyve sularında, meyve suyunun L değerlerinin değişmesi esmerleşme pigmentlerinin oluşumuna bağlıdır; ana etken olaraksa hidroksimetil furfural (HMF) gösterilmektedir (Aguiló-Aguayo ve ark., 2009). Yaptığımız çalışmada ise L değerlerimizde zamanla az miktarda azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Değişim farklarının ise diğer araştırmacıların belirlediği etkenlerken kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Araştırmacılar tarafından, meyve sularının a değerlerinde bir azalmanın antosiyanin yıkımı ve maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (Aguiló-Aguayo ve ark., 2009). Bizim çalışmamızda ise a değerlerinde azalma çok az meydana gelmiştir. Değerlendirmede uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Yapılan bir araştırmada, yaban mersini suyuna uygulanan ultrasound işlemi geleneksel metotlara göre L veya a renk değerlerinde önemli değişiklikler göstermemiştir, ancak meyve suyunun renk tonu ve renk değerlerini hafifçe etkilemiştir (Mohideen ve ark., 2015). Üzüm suyuna uyguladığımız çalışma ile sonuçlar paralellik göstermektedir.

Meyve suları ile ilgili genel izlenim, kırmızı ve sarı renk miktarıyla yakından ilişkilidir; Bu parametreler bir ton açısı olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, 0° , 90° , 180° ve 270° ton açıları sırasıyla kırmızı, macenta, sarı ve mavi renk göstermektedir. Depolama sırasında meyve sularının ton açısındaki dalgalanmalar, fenolik bileşiklerdeki değişikliklerle açıklanabilir (Rein ve Heinonen, 2004). Bizim çalışmamız, üzüm meyve sularının renk tonu açısı yaklaşık 36° derecelerde olduğundan dolayı, kırmızımsı bir renge sahip olduğunu göstermektedir.

Renk değerleri renk doygunluğunu göstermektedir (Gonnet, 1998). Daha yüksek değerler, daha canlı bir rengi ifade etmektedir. Bu, daha düşük bir b değerlerine bağlı olabilmektedir. Bizim çalışmamızda uygulamaların 30. günün sonunda renk değerleri sırasıyla; 22,62; 22,51; 21,66; 21,96 renk doygunluğuna sahip çıkmıştır. C değeri birbirine yakın çıkmıştır.

Araştırmacıların yaptığı çalışmada havuç suyuna uygulanan termosonikasyon uygulamasında toplam renk değişimi miktarları uygulanan ultrasound miktarının artması

ile artış göstermiştir. Bu renk değişimleri yapan, kimyasal reaksiyonları hızlandıran, difüzyon hızlarını arttıran, dağınık agregaları veya enzimler gibi hassas parçacıkların parçalanması gibi çeşitli fiziksel, kimyasal veya biyolojik reaksiyonları yöneten kavitasyondan kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir (Jabbar ve ark., 2015). Görsel renkteki farklılıklar toplam renk farklılığına göre sınıflandırılabilir. $\Delta E > 2$, birçok ürünün görsel algısında gözle görülür farklılığa karşılık gelmektedir (Choi ve ark., 2002). Bizim çalışmamızda ise $\Delta E < 2$ olduğundan dolayı gözle görülür farklılıklara karşılık gelmemektedir.

Renk yoğunluğunun değişimler ile ilgili olarak, ultrasound işlenen örneklerde fenolik bileşiklerin artması ile ilgili olabileceği, çünkü vaküolün ve hücre çeperindeki fenolik maddelerin kavitasyon ve hücre çeperinin parçalanmasıyla serbest kalabilmektedir. Ayrıca, ultrasound işlemler sırasında oluşan hidroksil radikali, orto-, meta- ve para- pozisyonlarında fenolik bileşiklerin aromatik halkasının hidroksilasyonuna yol açarak etkileyebilmektedir (Tomadoni ve ark., 2017). Sonikasyon sırasında indüklenen kavitasyonun, meyve sularının renginde meydana gelen değişikliklere katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Tiwari ve ark., 2008b). Başka bir açıklamada ise ısıtıl işlemlerde renkteki belirgin değişiklikler, antosiyaninlerin parçalanması ve maillard reaksiyon ürünlerinin yoğun oluşumuna bağlanabilmektedir (Cao ve ark., 2012). Çalışmamızda ki renk yoğunluğunda ki değişimler araştırmacıların öngörülleri ile benzerlik göstermektedir.

5.4. Toplam Şeker Miktarı Sonuçlarının Tartışılması

Çalışmamızda, üzüm suyu kontrol numunesine göre ultrasound ve natamisin+ultrasound uygulanmış örneklerde az da olsa artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu artış, en çok natamisin+ultrasound kombinasyonunda gözlemlenmiştir. Ultrasound uygulamasında üzüm suyundaki şekerlerin arttırılmasına ilişkin sonuçlarımız, ultrasound ile muamele edilen Cantaloupe kavun (*Cucumis melo L.*) suyundaki şeker içeriğinde artış olduğunu bildirilen çalışma ile paralellik göstermektedir (Fonteles ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada utrasound uygulamasının (25 kHz, 2 W.cm⁻², %70 amplitude, 0, 30 ve 60 dakika, 20 °C), elma suyunun polifenolik bileşiklerine, şekerlere, karotenoidlere ve minerallere etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında sukroz, früktoz ve glukoz miktarlarında artışlar tespit etmişlerdir (Abid ve ark., 2014). Benzer sonuçlar, üzüm

posasının işlenmesinde ultrasound uygulamasının ekstraksiyon verimini arttığını, böylelikle, meyve suyunun kalitesinin (toplam şeker içeriği, toplam asit içeriğini, fenolik içeriği ve üzüm suyunun renk yoğunluğunu) artırdığını belirtmiştir (Lieu ve Le, 2010). Şeker miktarındaki artış, şekerin hücre içi boşluklardan sıvıya ekstrakte edilmesiyle, ultrasound uygulamasına bağlı olarak hücrenin kırılması ile açıklanabilir. Ultrasound tarafından üretilen kesme kuvvetlerinin uyguladığı mekanik etkilerden ötürü, çözücünün numune matrisine nüfuz etme gücü artmakta, bu da katı ve sıvı faz arasındaki daha büyük temas yüzey alanı nedeniyle malzemeden çözücünün çözücüye yayılma hızını nihayetinde geliştirmektedir. Böylece uygulanan ultrasound parametrelerine göre şeker miktarında artışlar meydana gelebilmektedir.

5.5. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı ve Antosiyaninlerin Parçalanma Ölçütleri Sonuçlarının Tartışılması

Meyve sularında raf ömrü sürecinde antioksidan ve kalite değişimlerinin incelendiği çalışmada üzüm suyunda toplam monomerik antosiyanin miktarının zamanla azaldığını tespit etmişlerdir (Bakan, 2012). Başka bir çalışmada ise siyah üzüm konsantrelerinde depolama başlangıcındaki toplam monomerik antosiyanin miktarları ise 5 °C, 20 °C, 30 °C ve 40 °C sıcaklıklarda depolanan örneklerde sırasıyla 167,2 mg cy-3-gly/kg, 167 mg cy-3-gly/kg, 169,6 mg cy-3-gly/kg ve 167 mg cy-3-gly/kg olarak tespit edilmiş fakat depolama süresince monomerik antosiyanin miktarlarında azalmalar tespit etmişlerdir (Kılıç ve Karadeniz, 2013). Depolama süresince, azalmalar yaptığımız çalışma ile paralel sonuçlar içermektedir.

Üzüm suyu rengi esas olarak antosiyaninlerin varlığına bağlıdır. Üzümlerin antosiyanin içeriği büyük ölçüde genotip ile değişkenlik göstermektedir. Üzümlerde en çok bulunan antosiyaninler; siyanidin, malvidin, delphinidin, peonidin, petunidin ve pelargonidin glikozit formlarıdır (Liang ve ark., 2008). Meyvelerin antosiyanin içeriği, çeşitli genetik (kültivar), çevresel ve agronomik faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. Antosiyaninler oldukça kararsızdır ve bozulmaya çok duyarlıdır. Kararlılıkları, pH, sıcaklık, ışık, oksijen, çözücüler, enzimlerin varlığı, flavonoidler, proteinler ve metalik iyonlar gibi işlem koşullarından büyük ölçüde etkilenmektedir (Kennedy ve ark., 2001).

Yapılan çalışmalarda, ticari Brezilya üzüm sularında toplam monomerik antosiyanin içeriği, 25,6 ila 450,4 mg/L ve ticari İspanyol üzüm suları için 129 ila 535 mg/L arasında tespit edilmiştir (Lima ve ark., 2015). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada bulunan toplam monomerik antosiyanin miktarı da, literatürden elde edilen sonuçlara uygundur. Meyve sularının ultrasound uygulamasının, çilek suyundaki renk ve askorbik asit ve antosiyanin içeriği gibi kalite parametrelerinin bozulmasına (Tiwari ve ark., 2008b) ve böğürtlén suyunun antosiyanin içeriğine (Tiwari ve ark., 2009a) çok az etkisi olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Yaban mersini (*Vaccinium corymbosum*) suyunun mikrobiyal yükü ve fizikokimyasal özellikleri üzerine sürekli ultrasound etkisi üzerine yapılan çalışmada toplam antosiyanin miktarı üzerinde istatistiksel olarak etkili olmadığını tespit etmişlerdir ($p>0.05$) (Mohideen ve ark., 2015). Böğürtlén suyuna osmosonikasyon uygulanması sonunda toplam antosiyanin miktarında 32. güne kadar önemli bir değışiklik olmadığını tespit etmişlerdir (Wong ve ark., 2010). Yapılan bir araştırmada ultrasound prosesinin, kırmızı üzüm suyunun rengi ve antosiyaninler üzerine etkisi incelenmiş, yüksek oranda antosiyanin tutulması istenen meyve suyu ürünlerinin işlenmesi için bir koruma tekniğı olarak kullanılabileceğı kanısına varılmıştır (Tiwari ve ark., 2010). Ultrasound prosesinin kavitasyon yoğunluğı H_2O_2 oluşumu ile değıerlendirilebilir. H_2O_2 'nin varlığı daha sonra antosiyaninlerin oksidasyonuna yol açabilir ve bu da bozulmalarına neden olabilmektedir (Tiwari ve ark., 2009b). Yapılan araştırmalarda ultrasound prosesinin meyve sularının antosiyanin içeriğinde yaklaşık olarak % 5 oranında bir kayba neden olabilmektedir (Tiwari ve ark., 2009a; Tiwari ve ark., 2008b). Yaptığımız araştırma sonucunda da depolama süresince ve kıyaslamalarda değışim oranı yaklaşık aynı değıerlerde çıkmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, siyah üzüm sularında polimerik renk oranında 180 günlük depolama sonunda 5 °C'de bulunan örneklerde %1 lik bir artış varken, 20 °C, 30 °C ve 40 °C'deki sıcaklıklarda sırasıyla % 5, % 24 ve % 27 lik artışlar gözlemlenmiştir (Kılıç ve Karadeniz, 2013). Üzüm suyunda *Saccharomyces cerevisiae* inaktivasyonu için kullanılan ultrasound uygulamasında frekans süresi, sıcaklık derecesi ve uygulama süresinin arttırılmasının polimerik renk oranının da artmasına neden olduğu tespit etmişlerdir (Nafar ve ark., 2013) . Nar suyu konsantresinin depolama süresince antosiyaninlerce etkisinin incelendiğı çalışmada, depolama süresi arttıkça polimerik renk oranının da arttığı tespit edilmiştir (Turfan ve ark., 2012). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada da depolama süresince polimerik renk oranı artışı literatürle paralellik göstermektedir.

Polimerik renk, antosiyanin polimerizasyonunun ve esmerleşmesinin boyutunun bir ölçüsüdür. Polimerize edilmiş renk ve renk yoğunluğu arasındaki oranın yüzdesi polimerik renk, polimerize edilmiş antosiyaninlerin kattığı rengin yüzdesini belirlemek için kullanılır (Wrolstad ve ark., 2005). Polimerik rengin yüzdesi, bisülfite ağartmaya karşı antosiyanin direncini belirler ve antosiyanin polimerizasyon seviyesini göstermektedir (Berké ve ark., 1999). Polimerik renk oranı arttıkça, monomerik antosiyaninlerin parçalandığı ve esmer renkli pigmentlerin arttığı, kısaca doğal rengin bozulduğu anlaşılır (Cemeroğlu, 2010). Polimerik renk miktarlarındaki bu artışın antosiyaninlerin diğer fenolik bileşiklerle yoğunlaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Guerrero ve ark., 2001; Monagas ve ark., 2005).

5.6. Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavonoid Madde Sonuçlarının Tartışılması

Yapılan araştırmalarda Brezilya'da ticari üzüm sularında 705-1117 mg/l, İspanya'da 270-3433 mg/l aralığında toplam fenolik madde miktarı tespit edilmiştir. Bizim sonuçlarımız bu değerlerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Lima ve ark., 2014). Siyah üzüm sularında 8 aylık depolama sonunda toplam fenolik madde miktarları 5 °C, 30 °C ve 40 °C de depolanan örneklerde sırasıyla % 8, % 8 ve % 27 azaldığını tespit etmişlerdir (Kılıç ve Karadeniz, 2013). Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasonikasyonun depolama süresince (1-90 gün), toplam fenolik madde, flavonoid ve antioksidan özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada, toplam fenolik madde miktarında depolama süresi arttıkça azaldığı fakat kontrol örneğine göre daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada ise değişim oranı zamanla en iyi sonuç ultrasound uygulamasında tespit edilmiştir (Nadeem ve ark., 2018). Ultrasound ile ultrasound+UV-C ile muamele edilen meyve ve sebze sularının toplam fenolik içeriğinin, işlemden hemen sonra kontrol ile karşılaştırıldığında artmış olduğu, ancak 10 haftadan sonra tüm örneklerde hafifçe azaldığı tespit edilmiştir (Khandpur ve Gogate, 2015). Araştırmacılar tarafından, depolama süresince toplam fenolik maddelerdeki bu azalmanın fenolik maddelerin polimerizasyonunda meydana gelen değişiklikten kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir (Wang ve ark., 2000). Depolama sırasında toplam fenolik miktarında görülen azalma için yapılan bir başka açıklama ise, fenolik bileşiklerin kondanase olmalarından veya degrade olmalarından kaynaklanmış olabileceğidir ve üzüm

suyundaki bazı bileşiklerin folin reaktifi ile reaksiyona girmesiyle de artışın olabileceği düşünülmektedir (Klimczak ve ark., 2007; Spanos ve Wrolstad, 1990).

Daha önceki çalışmalarda üzüm suyunda kateşin miktarı (0,38-86,4 mg/L) aralığında tespit edilmiştir (Dani ve ark., 2007; Lutz ve ark., 2011; Stalmach ve ark., 2011). Bizim çalışmamızın da bu aralıkla uyumlu olduğu görülmektedir. Siyah üzüm sularında 8 aylık depolama sonunda toplam flavonoid madde miktarları en fazla düzeyde 40 °C’de depolanan örneklerde (% 44 olarak) tespit etmişlerdir (Kılıç ve Karadeniz, 2013). Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasonikasyonun depolama süresince (1-90 gün), toplam fenolik madde, flavonoid ve antioksidan özelliklerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, en yüksek flavonoidler 6 dakika uygulanan ultrasound (196 CE/100 mL meyve suyu) ve en düşük flavonoidler kontrol örneğinde (117 CE / 100mL meyve suyu) tespit edilmiş ve depolama süresinde toplam flavonid miktarlarında azalmalar rapor edilmiştir (Nadeem ve ark., 2018). Araştırmacılar, açai (*Euterpe oleracea*) suyunun işlenmesinde termal olmayan kombine uygulamalar (ultrasound ve ozon) üzerine yaptıkları çalışmada, ultrasound gücünün artması ve ozon uygulama süresinin artması sonucunda toplam fenolik madde miktarında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiğini tespit etmişler ($p<0.05$) ve toplam miktarda azalmaların olduğunu rapor etmişlerdir (Oliveira ve ark., 2018).

5.7. Toplam Antioksidan Madde Sonuçlarının Tartışılması

Araştırmacıların inceledikleri 7 ticari üzüm suyunda TEAC antioksidan aktivite değeri 3.2-19,9 mmol troloks/l aralığında tespit edilmiştir (Ekşi, 2006). Elde ettikleri bulgular yapmış olduğumuz çalışma ile uyumlu çıkmıştır. Siyah üzüm suyunda 8 aylık depolama sonunda toplam antioksidan miktarında 40 °C’de % 36 düzeyinde azaldığını ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğunu ($p<0.01$) tespit etmişlerdir (Kılıç ve Karadeniz, 2013).

Yapılan bir çalışmada, kırmızı üzüm suyuna ultrasound uygulanması sonucu toplam antioksidan miktarının ultrasound zamanı ve sıcaklık arttıkça düştüğü tespit edilmiştir (Nafar ve ark., 2013). Ultrasound süresi ve zaman artışına bağlı olarak antioksidan madde miktarındaki düşmenin büyük ölçüde karotenoidlerin bozulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Tiwari ve ark., 2009a).

Böğürtlen suyuna ultrasound (20 kHz, 0,83 W/mL, 5,9-34,1 dakika için) uygulaması sonrası, fenolik bileşiklerin veya antosiyaninlerin degradasyonu ve antioksidan aktivite üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığını ($p>0.05$) rapor etmişlerdir (Wong ve ark., 2010). Yapılan bir çalışmada elmaların kurutulmasında ultrasound uygulamasında toplam polifenol içeriğinde, flavonoidin miktarı ve antioksidan aktivite kaybında önemli bir azalmaya neden olduğu rapor edilmiş (Rodríguez ve ark., 2014). Siyah dut suyunun biyoaktif bileşiklerinin termal, mikrodalga, ultrasound işleme ve farklı sıcaklıklarda depolanmasından sonra değerlendirilmesi çalışmasında, daha düşük sıcaklıkta depolanma, özellikle ultrasound uygulanmış örneklerde daha fazla biyoaktif bileşik ve antioksidan aktivite korunduğunu tespit etmişler (Jiang ve ark., 2015). Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasound uygulamasında (20 kHz frekans, % 70 amplitüd, 525W, 5s açık ve 5s kapalı, 5 dak'da 15 °C) depolama süresince (1-90 gün), toplam antioksidan madde miktarının depolama süresi arttıkça azaldığı fakat kontrol örneğine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir (Nadeem ve ark., 2018). Mikrodalga ve ultrasound uygulamasının (20 kHz, 650 W, 30 dk 20 °C) biyoaktif bileşiklere ve böğürtlen suyunun mikrobiyolojik kalitesine etkisinin incelendiği çalışmada, depolama sonunda, böğürtlen suyundaki toplam polifenollerin ve monomerik antosiyaninlerin retansiyonu sırasıyla % 87 ve % 90 olarak tespit edilmiştir (Pérez-Grijalva ve ark., 2018). Araştırmacıların, açai (*Euterpe oleracea*) suyunun işlenmesinde termal olmayan kombine uygulamalar (ultrasound ve ozon) üzerine yaptıkları çalışmada, ultrasound gücünün artması ve ozon uygulama süresinin artması sonucunda toplam antioksidan madde miktarının istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiğini tespit etmişler ($p<0.05$) ve toplam miktarda azalmaların olduğunu rapor etmişlerdir (Oliveira ve ark., 2018). Bizim yaptığımız çalışmada ise değişim oranında zamanla en iyi sonuç ultrasound uygulamasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar, ultrasound uygulaması ile antioksidan özelliğe sahip bileşenlerin degradasyonuna bağlı olarak bir azalma olduğu kanısına varmışlardır (Pingret ve ark., 2013).

5.8. Hidroksimetil Furfural Sonuçlarının Tartışılması

Yapılan analizlerimiz sonucunda HMF bulgularımızın, AINP (European Fruit Juice Association) tarafından belirlenen 20 mg/kg ve IFFJP (standards for International Federation of Fruit Juice Producers) tarafından belirlenen 25 mg/kg değerlerinin altında

kaldığı tespit edilmiştir. Siyah üzüm suyu üzerine yapılan araştırmada, depolama başlangıcında 5 °C, 20 °C, 30 °C ve 40 °C’de sırasıyla 9,3 mg/L, 8,8 mg/L, 9,0 mg/L ve 8,7 mg/L düzeyinde olan HMF miktarları 8 aylık depolama sonunda sırasıyla % 13, % 27, % 108 ve % 595 düzeyinde artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Kılıç ve Karadeniz, 2013). Hurma suyuna uygulanan non-termal yöntem sonunda 5 hafta depolama sonunda HMF değerlerinde zamanla artış olduğu tespit edilmiştir (Mtaoua ve ark., 2017). Mango suyuna uygulanan yüksek hidrostatik basınç işlemi sonunda depolama sonunda glikoz, früktoz ve HMF değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2014). Yaptığımız çalışma literatürle paralellik göstermektedir. Uygulama işlemlerinde ve depolama süresi ile miktarın artmasında etkinin maillard reaksiyonundan kaynaklandığı birçok çalışmada da bildirilmektedir.

5.9. Duyusal Analiz ve SEM Sonuçlarının Tartışılması

Kızılıçık suyu nektarına uygulanan ultrasound işleminden sonra test edilen tüm parametrelerde (renk, koku, tat ve genel kalite) istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmakla birlikte, genel olarak ürünün reddedilme sınırları dışında kaldığını tespit etmişlerdir (Jambrak ve ark., 2017). Araştırmacılar, ultrasound uygulanmış portakal suyu kalitesini, panel testleri ile standart parametreler (tat, lezzet, koku, ağız hissi vb.) açısından değerlendirmiştir. Ultrasound işlenmiş portakal suyunun duyusal özelliklerinin, tüketiciler için en kabul edilebilir olduğunu ve taze işlenmemiş meyve sularının kalite parametrelerine eşit olduğunu tespit etmişlerdir (Khandpur ve Gogate, 2015). Başka bir çalışmada, portakal suyuna uygulanan ultrasound ve mikrodalga kombinasyonunda, panelistler tarafından uygulama örneklerde metal bir tada sahip olduğunu ifade etmişler. Bu durum, kavitasyon işlemi sırasında ultrasonik probun korozyona uğraması ve aşınmış parçacıkların meyve suyu ile karıştırılmasından kaynaklanabileceği kanısına varmışlardır. Kombinasyonun uygulama örneklerinde görünüşünün, geleneksel yöntemle göre daha iyi olduğu (% 57’ye karşılık % 43) raporlanmıştır. Ultrasound ile işlenen elma suyu ve nektarının, termal olarak pastörize edilmiş sulara göre daha iyi duyusal kabul edilebilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Samani ve ark., 2015). Havuç-üzüm suyu karışımına uygulanan ultrasonikasyonun depolama süresince, toplam fenol, flavonoid ve antioksidan özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada; duyusal özelliklerine ultrasound uygulamasının bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Nadeem ve ark., 2018). Yapılan

çalışmalar ultrasound uygulamasının neden olduğu kaviteasyonun meyve sularının rengi ve tadına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Ultrasound işleminin olumlu etkisi, oksijenin giderilmesine bağlanır. Ultrasound uygulanmış meyve sularının kokusunda ve tadında olası değişiklikler için başka bir açıklamada ise, bileşiklerin hızlı izomerizasyonu ve oksidasyonun (serbest radikallerle etkileşimin bir sonucu olarak ortaya çıkan) ortaya çıkmasıdır (Samani ve ark., 2015). Yaptığımız çalışmada ise literatürün bazı çalışmalarında olduğu gibi duyuşal özelliklerin natamisin ve ultrasound uygulamalarından etkilenmediği tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, yaban mersini suyuna *Escherichia coli* O157 üzerine farklı ısı işlemleri (HT), sonikasyon (SC), termosonikasyon (TS), manosonikasyon (MS), manotermal (MT) ve manotermosonikasyon (MTS) etkilerinin değerlendirdiği, hücrelerinin yıkımı, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve transmisyon elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak doğrulanmıştır (Zhu ve ark., 2017). Kiraz domateslerde doğal kirleticilerin ve *Salmonella enterica* Typhimurium'un giderilmesinde sanitezerler ve ultrasound uygulaması (30 dk, 45 kHz) sonucunda SEM görüntülerinde hücre parçalanmasını doğrulamıştır (Brilhante São José ve Dantas Vanetti, 2012). *Escherichia coli* O157: H7 inaktivasyonu için elma-havuç suyu karışımı MTS uygulamasında SEM ve TEM görüntülerinde porların oluştuğunu ve parçalanmış hücrelerin olduğunu tespit etmişlerdir (Kahraman ve ark., 2017). Bir başka çalışmada *E.coli* patojeni için ultrasound uygulamasında TEM görüntüsünde fiziksel bozulmaları tespit etmişlerdir (Allison ve ark., 1996). Yaptığımız çalışmada, literatür ile paralellik göstermektedir. Ultrasound uygulaması sonucunda fiziksel hasarlar oluştuğu gözlemlenmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, biyoaktif bileşenlerce zengin üzüm meyvesin, üzüm suyuna işlenmesinde kullanılan termal muhafaza ve işleme yöntemlerine alternatif olarak non-termal bir teknoloji olan ultrasound pastörizasyon yöntemlerinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Aynı zamanda doğal bir antifungal natamisin'in etkileri ve sıcaklık kombinasyonlarının *Botrytis cinerea* üzerine etkileri araştırılmıştır. Ultrasound teknolojisinin ve natamisin uygulamasının üzüm suyunun bazı kalite parametrelerine etkileri zamanla değerlendirilmiştir. Bunların dışında ultrasound uygulamasının, hücre çöküşünü sağlaması, hücrelerde öldürücü etkili yaralanmaların olması, hücreden ortama stoplazmik materyal sızması gibi etkiler literatürlerde açıklanmaktadır (Anaya-Esparza ve ark., 2017a). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, *Botrytis cinerea* üzerine ultrasound uygulamasının kaviteasyon ve SEM görüntülerini incelediğimizde (hücre parçalanmaları ve çöküşlerinin) mikrobiyal yükte azalmalara neden olduğunu ifade edebiliriz. Yaptığımız çalışmada ultrasound uygulamasının *Botrytis cinerea* üzerinde tek başına etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca, hücre zarlarının bozulması, antimikrobiyal ajanların etkileri ile mikroorganizmaların yaşayabilirliğini azaltabilmektedir. Membran bozulmalarında, proteinler, lipitler ve diğer bileşikler gibi hücre içi bileşenlerin salınmasıyla birlikte antimikrobialların emilimi ve etkinliği kolaylaşmaktadır (Liu ve ark., 2013; López-Malo ve ark., 2005; Wu ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2014). Bu etkilerle birlikte, natamisin'in hücre zarı içerisindeki ergosterollere bağlanması etkisi (Delves-Broughton ve ark., 2005; Tsiraki ve Savvaıdis, 2014) ve sıcaklık kombinasyonlarının hurdle etkisi yarattığı ve daha başarılı sonuçlar verdiği çalışmamızda kanıtlanmıştır.

Ultrasound ve natamisin'in mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygun bir seçenek olduğu tespit edilmiştir; fakat dikkate alınması gereken diğer değişkenlerde vardır: ultrasound tasarımı, frekansı ve akustik enerji yoğunluğu, ortamın özellikleri ve karmaşıklığı (viskozite, gıda matrisi bileşimi), başlangıçtaki mikrobiyal yük, stres koşulları, diğer moleküller ile meydana gelen etkileşimler ve kimyasal reaksiyonlar gibi etkilere dikkat edilmelidir (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2011; Chemat ve ark., 2011).

Tezin hipotezlerinden birisi ultrasound pastörizasyon işlemiyle üzüm suyunun bazı kalite parametrelerine etkinliğinin beklentileri karşılar düzeyde olmasıdır. Üzüm

suyunun pH, titrasyon asitliği ve Briks değerlerinde önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Depolama sürecinde meydana gelen hafif değişiklikler organik asitler, polifenoller, vb. gibi bazı bileşiklerin içeriğine, su moleküllerinin (diğerlerinin yanı sıra OH^- , H_2O_2 , H^+) sonoliz ile bazı kimyasal ürünlerin oluşmasına bağlanabilir (Sharma ve ark., 2009). Üzüm suyuna ultrasound ve natamisin uygulamasının renk üzerine etkileri incelendiğinde olumlu sonuçlar olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen hafif değişiklikler, Bazı durumlarda, hücre duvarındaki mekanik bozulmaları renk pigmentleri değişimleri, fenolik bileşikler, uzun işlem süresi, yüksek sıcaklık, genlik, , serbest radikaller, oksijen varlığı, maillard ve diğer esmerleşme reaksiyonları gibi meydana gelen değişimlerden kaynaklanabilir (Lieu ve Le, 2010; Martínez-Flores ve ark., 2015; Tiwari ve ark., 2010).

Kalite parametrelerinden toplam şeker miktarında kontrol örneğine (144,24 gr/l) göre 30. günün sonunda en fazla değişim natamisin+ultrasound uygulamasına (150,88 gr/l) göre % 4,6 oranında artış ile tespit edilmiştir. Ultrasound uygulamasında hücre kırılmasından ve boşluklardan hücre içine geçişlerden kaynaklanabileceği kanısına varılmıştır. Fakat depolama süresince uygulamalarda önemli değişimler gözlemlenmemiştir. Bir aylık depolama süresi boyunca toplam antosiyanin miktarlarında zamanla azalmalar meydana gelmiştir. Bir aylık süre sonunda kontrol örneğine göre natamisin+ultrasound uygulaması arasında % 3,6 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Polimerik renk yoğunluğunda ise zamanla artışlar tespit edilmiştir. Antosiyaninlerin parçalanma ölçütleri sonuçları meyve sularına uygulanan ultrasound çalışmaları ile paralellik göstermiştir. Ultrasound ve natamisin uygulamalarında toplam fenolik madde ve flavonid madde miktarlarında zamanla ve kontrol örneklerine göre azalmalar tespit edilmiştir. Bu azalmaların fenolik bileşiklerin polimerizasyonundan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Toplam antioksidan kapasitesinde üzüm suyunda depolama süresi boyunca azalmalar tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine göre natamisin ve ultrasound uygulamasındaki değişim önemli bulunmamıştır. Antioksidan kapasitesinde değişimin bileşenlerin degradasyonuna bağlı olabileceği kanısına varılmıştır.

HMF miktarında depolama süresinde artışlar meydana gelmiştir. Etkinin maillard reaksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat HMF miktarları ulusal ve uluslararası mevzuatlara uygun bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada duyu özelliklerinin natamisin ve ultrasound uygulamalarından etkilenmediği tespit edilmiştir.

Üzüm suyuna yapılan bu çalışmada *Botrytis cinerea* karşı natamisin ve ultrasound uygulamalarının ayrı ayrı ve kombinasyonlarının başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. İncelenen bazı kalite parametrelerinde ise genel olarak ultrasound ve natamisin uygulamalarının beklentileri karşıladığı kanısına varılmıştır. Üzüm suyu için ultrasound teknolojisinin diğer muhafaza yöntemleri ile birlikte kullanımının araştırılmasının daha faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ultrasound teknolojisinin gıda sanayisinde etkin bir biçimde kullanılabilmesi için model ortamlarda daha fazla deneme yapılması ve maliyetlerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X.-A., Han, Z. ve Sun, D.-W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141(3), 3201–3206. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2013.06.008
- Aadil, R. M., Zeng, X.-A., Zhang, Z.-H., Wang, M.-S., Han, Z., Jing, H. ve Jabbar, S. (2015). Thermosonication: a potential technique that influences the quality of grapefruit juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(5), 1275–1282. doi:10.1111/ijfs.12766
- Abessinio, A. (2014). *Use of natural antimicrobials to control spoilage in marinara-type sauce*. <https://search.proquest.com/pqdtglobal/docview/1566655930/964F6C9D96B445A3PQ/1?accountid=25088> adresinden erişildi.
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., ... Zeng, X. (2013). Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1182–1187. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2013.02.010
- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S. ve Zeng, X. (2014). Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(1), 93–97. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2013.06.002
- Abida, J., Rayees, B. ve Masoodi, F. A. (2014). Pulsed light technology: a novel method for food preservation. *International Food Research Journal*, 21(3), 839–848. <http://www.ifrj.upm.edu.my> adresinden erişildi.
- Açu, M., Yerlikaya, O. ve Kınık, Ö. (2014). Gıdalarda Isıl Olmayan Yeni Teknikler ve Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 14(23), 23–35.
- Adekunte, A., Tiwari, B. ., Scannell, A., Cullen, P. J. ve O'Donnell, C. (2010). Modelling of yeast inactivation in sonicated tomato juice. *International Journal of Food Microbiology*, 137(1), 116–120. doi:10.1016/J.IJFOODMICRO.2009.10.006
- Adekunte, A., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M. ve O'Donnell, C. P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122(3), 500–507. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2010.01.026
- Adekunte, A., Valdramidis, V. ., Tiwari, B. K., Slone, N., Cullen, P. J., Donnell, C. P. . ve Scannell, A. (2010). Resistance of Cronobacter sakazakii in reconstituted powdered infant formula during ultrasound at controlled temperatures: A quantitative approach on microbial responses. *International Journal of Food Microbiology*, 142(1–2), 53–59. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.05.028
- Adewuyi, Y. G. (2001). Sonochemistry: Environmental Science and Engineering Applications. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40(22), 4681–4715. doi:10.1021/IE010096L
- Aguiló-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R. ve Martín-Belloso, O. (2009). Avoiding non-enzymatic browning by high-intensity pulsed electric fields in strawberry, tomato and watermelon juices. *Journal of Food Engineering*, 92(1), 37–43. doi:10.1016/J.JFOODENG.2008.10.017
- Akbal, S. (2017). *Taze sıkılmış portakal suyunda bozulma etmeni olan Saccharomyces cerevisiae üzerine elektrik alan ve natamisin kombinasyonlarının uygulamaları*. Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Alexandre, E. M. C., Santos-Pedro, D. M., Brandão, T. R. S. ve Silva, C. L. M. (2011). Study on Thermosonication and Ultraviolet Radiation Processes as an Alternative to Blanching for Some Fruits and Vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 1012–1019. doi:10.1007/s11947-011-0540-8
- Alliger, H. (1975). Ultrasonic disruption. *American Laboratory*, 10(1), 75–85.

- Allison, D. G., D'Emanuele, A., Eginton, P. ve Williams, A. R. (1996). The effect of ultrasound on *Escherichia coli* viability. *Journal of basic microbiology*, 36(1), 3–11. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8819840> adresinden erişildi.
- Altuğ Onoğur, T. ve Elmacı, Y. (2001). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme* (2. bs.). Sıdaş Yayıncılık.
- Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Roig, A. X., García-Galindo, H. S., Sayago-Ayerdi, S. G. ve Montalvo-González, E. (2017). Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 26–37. doi:10.1016/J.TIFS.2016.11.020
- Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Sayago-Ayerdi, S. G., Sánchez-Burgos, J. A., Ramírez-Mares, M. V., García-Magaña, M. de L. ve Montalvo-González, E. (2017). Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursop nectar. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 545–551. doi:10.1016/j.lwt.2016.10.002
- Anonim. (2011). *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği*. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> adresinden erişildi.
- Anonim. (2014). *Mikrobiyoloji El Kitabı*. (A. K. Halkman ve Ö. E. Sağdaş, Ed.) (3. bs.). Ankara.
- Anonim. (2016). Gıda Endüstrisinde Ultrason Kullanımı. 30 Mart 2017 tarihinde http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu809/Ultrason_12.pdf, accessed Apr. adresinden erişildi.
- Aparicio, J. F., Mendes, M. V, Antón, N., Recio, E. ve Martín, J. F. (2004). Polyene macrolide antibiotic biosynthesis. *Current medicinal chemistry*, 11(12), 1645–56. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15180569> adresinden erişildi.
- Arnold, G., Zahn, S., Legler, A. ve Rohm, H. (2011). Ultrasonic cutting of foods with inclined moving blades. *Journal of Food Engineering*, 103(4), 394–400. doi:10.1016/J.JFOODENG.2010.11.009
- Arroyo, C., Cebrián, G., Pagán, R. ve Condón, S. (2012). Synergistic combination of heat and ultrasonic waves under pressure for *Cronobacter sakazakii* inactivation in apple juice. *Food Control*, 25(1), 342–348. doi:10.1016/j.foodcont.2011.10.056
- Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M. ve Zisu, B. (2010). The ultrasonic processing of dairy products – An overview. *Dairy Science & Technology*, 90(2–3), 147–168. doi:10.1051/dst/2009044
- Atasever, M. A. ve Atasever, M. (2007). Işınlamanın Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 2(3), 107–116. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/33851> adresinden erişildi.
- Avalli, A., Povolo, M., Carminati, D. ve Contarini, G. (2004). Significance of 2-heptanone in evaluating the effect of microfiltration/pasteurisation applied to goats' milk. *International Dairy Journal*, 14(10), 915–921. doi:10.1016/J.IDAIRYJ.2004.03.004
- Avcı, S. (2008). *Şalgam Suyundaki Candida inconspicua'nın Sıcaklık ve Sonikasyonla İnaktivasyonu*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Bölümü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. ve Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410–427. doi:10.1016/J.FOODRES.2012.05.004
- Bakan, A. (2012). *Meyve sularında raf ömrü süresince antioksidan aktivite ve kalite değişimi*. Ankara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Balaguer, M. P., Fajardo, P., Gartner, H., Gomez-Estaca, J., Gavara, R., Almenar, E. ve

- Hernandez-Munoz, P. (2014). Functional properties and antifungal activity of films based on gliadins containing cinnamaldehyde and natamycin. *International Journal of Food Microbiology*, 173, 62–71. doi:10.1016/J.IJFOODMICRO.2013.12.013
- Balouiri, M., Sadiki, M. ve Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. doi:10.1016/J.JPHA.2015.11.005
- Baptista, I., Rocha, S. M., Cunha, Â., Saraiva, J. A. ve Almeida, A. (2016). Inactivation of *Staphylococcus aureus* by high pressure processing: An overview. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 128–149. doi:10.1016/J.IFSET.2016.06.008
- Barba, F. J., Boussetta, N. ve Vorobiev, E. (2015). Emerging technologies for the recovery of isothiocyanates, protein and phenolic compounds from rapeseed and rapeseed press-cake: Effect of high voltage electrical discharges. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31, 67–72. doi:10.1016/J.IFSET.2015.06.008
- Barba, F. J., Esteve, M. J. ve Frigola, A. (2013). Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. *Food Research International*, 50(2), 545–549. doi:10.1016/j.foodres.2011.02.038
- Barbosa-Cánovas, G. V., Góngora-Nieto, M. M., Pothakamury, U. R. ve Swanson, B. G. (1999). Fundamentals of High-Intensity Pulsed Electric Fields (PEF). *Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields* içinde (ss. 1–19). Elsevier. doi:10.1016/B978-012078149-2/50002-7
- Baysal, T., İçier, F., Rayman, A., Coşgun, H. ve Petek, M. (2013). Domates Suyu Üretiminde İlimli Elektrik Uygulamasının Kullanımı: 2. Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 11(2), 21–27. <http://www.academicfoodjournal.com> adresinden erişildi.
- Beatty, N. F. ve Walsh, M. K. (2016). Influence of thermosonication on *Geobacillus stearothermophilus* inactivation in skim milk. *International Dairy Journal*, 61, 10–17. doi:10.1016/j.idairyj.2016.03.011
- Behrend, O., Ax, K. ve Schubert, H. (2000). Influence of continuous phase viscosity on emulsification by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 7(2), 77–85. doi:10.1016/S1350-4177(99)00029-2
- Berk, Z. (2018). Ionizing Irradiation and Other Non-Thermal Preservation Processes. *Food Process Engineering and Technology* içinde (ss. 607–618). ELSEVIER ACADEMIC PRESS.
- Berké, B., Chèze, C., Deffieux, G. ve Vercauteren, J. (1999). Sulfur Dioxide Decolorization or Resistance of Anthocyanins: NMR Structural Elucidation of Bisulfite-Adducts. *Plant Polyphenols 2* içinde (ss. 779–790). Boston, MA: Springer US. doi:10.1007/978-1-4615-4139-4_43
- Bermúdez-Aguirre, D. ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2012). Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple, grape and cranberry juices under pulsed and continuous thermosonication treatments. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 383–392. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.06.038
- Bermúdez-Aguirre, D., Corradini, M. G., Mawson, R. ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(2). doi:10.1016/j.ifset.2008.11.005
- Bermúdez-Aguirre, D., Mobbs, T. ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2011). Ultrasound Applications in Food Processing. H. Feng, G. V. Barbosa-Cánovas ve J. Weiss (Ed.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing* içinde (1. bs., ss. 65–105). Springer, New York, NY. doi:10.1007/978-1-4419-7472-3_3
- Bevilacqua, A., Sinigaglia, M. ve Corbo, M. R. (2013a). Food and bioprocess technology. *Food and bioprocess technology*, 6(5), 1153–1163.

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=27098491> adresinden erişildi.

Bevilacqua, A., Sinigaglia, M. ve Corbo, M. R. (2013b). Ultrasound and Antimicrobial Compounds: A Suitable Way to Control *Fusarium oxysporum* in Juices. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1153–1163. doi:10.1007/s11947-012-0782-0

Bhat, R. ve Goh, K. (2017). Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chemistry*, 215, 470–476. doi:10.1016/j.foodchem.2016.07.160

Bhat, S. ve Sharma, H. K. (2016). Combined effect of blanching and sonication on quality parameters of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 33, 182–189. doi:10.1016/j.ultsonch.2016.04.014

Bhavaya, M. L. ve Hebbar, H. U. (2017). Pulsed light processing of foods for microbial safety. *Food Quality and Safety*, 1(3), 187–201. doi:10.1093/fqsafe/fyx017

Birmipa, A., Sfika, V. ve Vantarakis, A. (2013). Ultraviolet light and Ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. *International Journal of Food Microbiology*, 167(1), 96–102. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.005

Bora, S. J., Handique, J. ve Sit, N. (2017). Effect of ultrasound and enzymatic pre-treatment on yield and properties of banana juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 445–451. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2017.01.039

Borcaklı, M. (1999). Gıda Üretiminde Antimikrobiyal Maddelerin Kullanımı ve Mikrobiyolojik Güvencenin Sağlanması. *Dünya Gıda Dergisi*, 47(11), 43–53.

Boumail, A., Salmieri, S. ve Lacroix, M. (2016). Combined effect of antimicrobial coatings, gamma radiation and negative air ionization with ozone on *Listeria innocua*, *Escherichia coli* and mesophilic bacteria on ready-to-eat cauliflower florets. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 134–140. doi:10.1016/J.POSTHARVBIO.2016.04.005

Boussetta, N. ve Vorobiev, E. (2014). Extraction of valuable biocompounds assisted by high voltage electrical discharges: A review. *Comptes Rendus Chimie*, 17(3), 197–203. doi:10.1016/J.CRCI.2013.11.011

Brilhante São José, J. F. ve Dantas Vanetti, M. C. (2012). Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. *Food Control*, 24(1–2), 95–99. doi:10.1016/J.FOODCONT.2011.09.008

Burleson, G. R., Murray, T. M. ve Pollard, M. (1975). Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication. *Journal of Applied Microbiology*, 29(3).

Butz, P. ve Tauscher, B. (2002). Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International*, 35(2–3), 279–284. doi:10.1016/S0963-9969(01)00197-1

Cacace, D. ve Palmieri, L. (2014). High-intensity Pulsed Light Technology. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* içinde (Second Edition., ss. 239–258). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-411479-1.00013-9

Cameron, M., McMaster, L. D. ve Britz, T. J. (2009). Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Science and Technology*, 89(1), 83–98. doi:10.1051/dst/2008037

Caminiti, I. M., Palgan, I., Noci, F., Muñoz, A., Whyte, P., Cronin, D. A., ... Lyng, J. G. (2011). The effect of pulsed electric fields (PEF) in combination with high intensity light pulses (HILP) on *Escherichia coli* inactivation and quality attributes in apple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(2), 118–123. doi:10.1016/j.ifset.2011.01.003

Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M. ve Corbo, M. R. (2016). Using homogenization, sonication and thermo-sonication to inactivate fungi. *PeerJ*, 4, e2020. doi:10.7717/peerj.2020

Canselier, J. P., Delmas, H., Wilhelm, A. M., Abismaïl, B. ve Ablsrnail, B. (2002). Ultrasound

Emulsification—An Overview. *Ultrasound Emulsification—An Overview JOURNAL OF DISPERSION SCIENCE AND TECHNOLOGY Dispersion Science and Technology*, 23(23), 1–3. doi:10.1080/01932690208984209

Cao, X., Bi, X., Huang, W., Wu, J., Hu, X. ve Liao, X. (2012). Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 181–190. doi:10.1016/J.IFSET.2012.05.008

Cao, X., Cai, C., Wang, Y. ve Zheng, X. (2018). The inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 169–178. doi:10.1016/J.IFSET.2017.09.018

Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Riera, E. ve Mulet, A. (2007). Influence of High-Intensity Ultrasound on Drying Kinetics of Persimmon. *Drying Technology*, 25(1), 185–193. doi:10.1080/07373930601161070

Carovac, A., Smajlovic, F. ve Junuzovic, D. (2011). Application of ultrasound in medicine. *Acta informatica medica: AIM: journal of the Society for Medical Informatics of Bosnia & Herzegovina: casopis Drustva za medicinsku informatiku BiH*, 19(3), 168–71. doi:10.5455/aim.2011.19.168-171

Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri* (2. bs.). Ankara: Nobel Yayıncılık.

Cervantes-Elizarrarás, A., Piloni-Martini, J., Ramírez-Moreno, E., Alanís-García, E., Güemes-Vera, N., Gómez-Aldapa, C. A., ... Cruz-Cansino, N. del S. (2017). Enzymatic inactivation and antioxidant properties of blackberry juice after thermoultrasound: Optimization using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 371–379. doi:10.1016/j.ultsonch.2016.06.009

Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S. ve Ashokkumar, M. (2012). Ultrasonics in food processing – Food quality assurance and food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), 88–98. doi:10.1016/j.tifs.2012.01.010

Char, C. D., Mitilnaki, E., Guerrero, S. N. ve Alzamora, S. M. (2010). Use of High-Intensity Ultrasound and UV-C Light to Inactivate Some Microorganisms in Fruit Juices. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 797–803. doi:10.1007/s11947-009-0307-7

Charoux, C. M. G., O'Donnell, C. P. ve Tiwari, B. K. (2017). Ultrasound Processing and Food Quality. D. Bermúdez-Aguirre (Ed.), *Ultrasound: Advances for Food Processing and Preservation* içinde (ss. 215–235). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-804581-7.00009-9

Chemat, F., Zill-e-Huma ve Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. doi:10.1016/j.ultsonch.2010.11.023

Choi, M. ., Kim, G. . ve Lee, H. . (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International*, 35(8), 753–759. doi:10.1016/S0963-9969(02)00071-6

Choudhary, R. ve Bandla, S. (2012). Ultraviolet Pasteurization for Food Industry. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(1), 12–15. doi:10.5923/j.food.20120201.03

Çil, S. (2007). *Escherichia coli'nin sonikasyonla inaktivasyonuna farklı amplitüd, pH ve sıcaklığın etkisi*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Anabilim Dalı / Genel Biyoloji Bilim Dalı.

Condon, S., Raso, J. ve PaganRafael. (2005). Microbial Inactivation by Ultrasound. G. V. Barbosa-Cánovas, M. S. Tapia ve M. P. Cano (Ed.), *Novel food processing technologies* içinde (ss. 423–442). USA: CRC Press.

Coronel, C. P., Jiménez, M. T., López-Malo, A. ve Palou, E. (2011). Modelling thermosonication

inactivation of *Aspergillus flavus* combining natural antimicrobial at different pH. *Procedia Food Science*, 1, 1007–1014. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.151

Cruz-Cansino, N. del S., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A., ... Jaramillo-Bustos, D. P. (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 277–286. doi:10.1016/j.ultsonch.2015.05.040

Cruz-Cansino, N. del S., Reyes-Hernández, I., Delgado-Olivares, L., Jaramillo-Bustos, D. P., Ariza-Ortega, J. A. ve Ramírez-Moreno, E. (2016). Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2), 431–437. doi:10.1016/J.BJM.2016.01.014

Dabir, M. P. ve Ananthanarayan, L. (2017). Effect of Heat Processing and Ultrasonication Treatment on Custard Apple Peroxidase Activity and Vitamin C. *International Journal of Food Engineering*, 13(1). doi:10.1515/ijfe-2015-0209

Dalhoff, A. A. H. ve Levy, S. B. (2015). Does use of the polyene natamycin as a food preservative jeopardise the clinical efficacy of amphotericin B? A word of concern. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 45(6), 564–567. doi:10.1016/J.IJANTIMICAG.2015.02.011

Dani, C., Oliboni, L. S., Vanderlinde, R., Bonatto, D., Salvador, M. ve Henriques, J. A. P. (2007). Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically- or conventionally-produced grapes. *Food and Chemical Toxicology*, 45(12), 2574–2580. doi:10.1016/j.fct.2007.06.022

Davidson, P. M., Bozkurt Cekmer, H., Monu, E. A. ve Techathuvanan, C. (2015). The use of natural antimicrobials in food: an overview. T. M. Taylor (Ed.), *Handbook of natural antimicrobials for food safety and quality* içinde (1st edition., ss. 1–30). Woodhead Publishing.

De Castro, M. D. L. ve Capote, F. P. (2006). Chapter 1 Introduction: Fundamentals of ultrasound and basis of its analytical uses. M. D. L. De Castro ve F. P. Capote (Ed.), *Analytical Applications of Ultrasound* içinde (1st Edition., C. 26, ss. 1–34). UK: Elsevier. doi:10.1016/S0167-9244(07)80017-5

Delgado, A., Kulisiewicz, L., Rauh, C. ve Wierschem, A. (2012). Fluid Dynamics in Novel Thermal and Non-Thermal Processes. P. J. (Patrick J. . Cullen, B. K. Tiwari ve V. P. Valdramidis (Ed.), *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods* içinde (1st Edition., ss. 7–33). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-381470-8.00002-5

Delsart, C., Grimi, N., Boussetta, N., Miot Sertier, C., Ghidossi, R., Mietton Peuchot, M. ve Vorobiev, E. (2015). Comparison of the effect of pulsed electric field or high voltage electrical discharge for the control of sweet white must fermentation process with the conventional addition of sulfur dioxide. *Food Research International*, 77, 718–724. doi:10.1016/J.FOODRES.2015.04.017

Delves-Broughton, J., Thomas, L. V., Doan, C. H. ve Davidson, P. M. (2005). Natamycin. P. M. Davidson, J. N. Sofos ve A. L. Branen (Ed.), *Antimicrobials in Food* içinde (Third Edition., ss. 275–287). CRC Press. <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Foods/Antimicrobials-in-Food.pdf> adresinden erişildi.

Dias, D. da R. C., Barros, Z. M. P., Carvalho, C. B. O. de, Honorato, F. A., Guerra, N. B. ve Azoubel, P. M. (2015). Effect of sonication on soursop juice quality. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 883–889. doi:10.1016/j.lwt.2014.09.043

Dinçer, C. (2015). Inactivation of *Escherichia coli* and Quality Changes in Black Mulberry Juice Under Pulsed Sonication and Continuous Thermosonication Treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1744–1753. doi:10.1111/jfpp.12406

dos Santos Pires, A. C., de Fátima Ferreira Soares, N., de Andrade, N. J., da Silva, L. H. M.,

- Camilloto, G. P. ve Bernardes, P. C. (2008). Development and evaluation of active packaging for sliced mozzarella preservation. *Packaging Technology and Science*, 21(7), 375–383. doi:10.1002/pts.815
- Duarte-Molina, F., Gómez, P. L., Castro, M. A. ve Alzamora, S. M. (2016). Storage quality of strawberry fruit treated by pulsed light: Fungal decay, water loss and mechanical properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 267–274. doi:10.1016/J.IFSET.2016.01.019
- Durak, A. N., Erbaş, M. ve Arslan, S. (2016). Ultrasonication to inactivate the proteolytic enzymes in sun-damaged wheat. *Journal of Cereal Science*, 71, 122–129. doi:10.1016/j.jcs.2016.07.014
- Earnshaw, R. G. (1998). Ultrasound: a new opportunity for food preservation. M. J. . Povey ve T. J. Mason (Ed.), *Ultrasound in food processing* içinde (ss. 181–191). London: Blackie Academic & Professional. <https://www.tib.eu/en/search/id/BLCP%3ACN023789537/Ultrasound-a-new-opportunity-for-food-preservation/> adresinden erişildi.
- EFSA. (2009). Scientific Opinion on the use of natamycin (E 235) as a food additive. *EFSA Journal*, 7(12), 1412. doi:10.2903/j.efsa.2009.1412
- Ekşi, A. (2006). Antioksidan kaynağı olarak meyve suyu ve meyve nektarı. *Dünya Gıda*, 11(6), 85–88.
- El Zakhem, H., Lanoisellé, J.-L., Lebovka, N. I., Nonus, M. ve Vorobiev, E. (2007). Influence of temperature and surfactant on Escherichia coli inactivation in aqueous suspensions treated by moderate pulsed electric fields. *International Journal of Food Microbiology*, 120(3), 259–265. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.09.002
- Elayedath, S. ve Barringer, S. A. (2002). Electrostatic powder coating of shredded cheese with antimycotic and anticaking agents. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(4), 385–390. doi:10.1016/S1466-8564(02)00051-6
- Erkaya, T., Başlar, M., Şengül, M. ve Ertugay, M. F. (2015). Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 406–412. doi:10.1016/j.ultsonch.2014.08.009
- Eskin, D. G. (2015). Ultrasonic degassing of liquids. J. A. Gallego-Juárez ve K. F. Graff (Ed.), *Power Ultrasonics* içinde (ss. 611–631). Elsevier. doi:10.1016/B978-1-78242-028-6.00020-X
- European Commission. (1995). *Directive (EC) No 95/2 of 20 February 1995 on food additives other than colours and sweeteners*. Off. J. Eur. Communities L6. https://www.fsai.ie/uploadedFiles/95_2_EC.pdf adresinden erişildi.
- Evelyn, E. ve Silva, F. V. M. (2015). Thermosonication versus thermal processing of skim milk and beef slurry: Modeling the inactivation kinetics of psychrotrophic Bacillus cereus spores. *Food Research International*, 67, 67–74. doi:10.1016/j.foodres.2014.10.028
- Evelyn, Kim, H. J. ve Silva, F. V. M. (2016). Modeling the inactivation of Neosartorya fischeri ascospores in apple juice by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *Food Control*, 59, 530–537. doi:10.1016/j.foodcont.2015.06.033
- Evelyn ve Silva, F. V. M. (2016). High pressure processing pretreatment enhanced the thermosonication inactivation of Alicyclobacillus acidoterrestris spores in orange juice. *Food Control*, 62, 365–372. doi:10.1016/j.foodcont.2015.11.007
- Fajardo, P., Martins, J. T., Fuciños, C., Pastrana, L., Teixeira, J. A. ve Vicente, A. A. (2010). Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4), 349–356. doi:10.1016/J.JFOODENG.2010.06.029
- Fan, K., Zhang, M. ve Mujumdar, A. S. (2017). Application of airborne ultrasound in the

convective drying of fruits and vegetables: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 39, 47–57. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2017.04.001

Feng, H., Barbosa-Cánovas, G. V. ve Weiss, J. (2011). *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. (H. Feng, G. V. Barbosa-Cánovas ve J. Weiss, Ed.) (1. bs.). London: Springer-Verlag New York. doi:10.1007/978-1-4419-7472-3

Feng, H. ve Yang, W. (2011). Ultrasonic Processing. V. M. B. Zhang, Howard Q. , Barbosa-Cánovas, Gustavo V. Balasubramaniam ve J. T. C. Y. C. Patrick Dunne , Daniel F. Farkas (Ed.), *Nonthermal processing technologies for food* içinde . USA: Wiley-Blackwell.

Fente-Sampayo, C. A., Vazquez-Belda, B., Franco-Abuin, C., Quinto-Fernandez, E., Rodriguez-Otero, J. L. ve Cepeda-Saez, A. (Univ. de S. de C. (Spain). F. de V. de L. (1995). Distribution of fungal genera in cheese and dairies. Sensitivity to potassium sorbate and natamycin. *Archiv fuer Lebensmittelhygiene (Germany)*, 46(3), 62–65. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE96M2337> adresinden erişildi.

Fernández, A., Shearer, N., Wilson, D. R. ve Thompson, A. (2012). Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of Salmonella enterica serovar Typhimurium. *International Journal of Food Microbiology*, 152(3), 175–180. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.038

Ferrante, S., Guerrero, S. ve Alzamora, S. M. (2007). Combined use of ultrasound and natural antimicrobials to inactivate Listeria monocytogenes in orange juice. *Journal of food protection*, 70(8), 1850–6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17803141> adresinden erişildi.

Ferrario, M., Alzamora, S. M. ve Guerrero, S. (2015). Study of the inactivation of spoilage microorganisms in apple juice by pulsed light and ultrasound. *Food Microbiology*, 46, 635–642. doi:10.1016/j.fm.2014.06.017

Ferrario, M. ve Guerrero, S. (2017). Impact of a combined processing technology involving ultrasound and pulsed light on structural and physiological changes of Saccharomyces cerevisiae KE 162 in apple juice. *Food Microbiology*, 65, 83–94. doi:10.1016/j.fm.2017.01.012

Filipič, J., Kraigher, B., Tepuš, B., Kokol, V. ve Mandic-Mulec, I. (2012). Effects of low-density static magnetic fields on the growth and activities of wastewater bacteria Escherichia coli and Pseudomonas putida. *Bioresource Technology*, 120, 225–232. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412009273> adresinden erişildi.

Fonteles, T. V., Costa, M. G. M., de Jesus, A. L. T., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N. ve Rodrigues, S. (2012). Power ultrasound processing of cantaloupe melon juice: Effects on quality parameters. *Food Research International*, 48(1), 41–48. doi:10.1016/J.FOODRES.2012.02.013

Forghani, F. ve Oh, D.-H. (2013). Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash. *Food Microbiology*, 36(1), 40–45. doi:10.1016/j.fm.2013.04.002

Fuleki, T. ve Ricardo-da-Silva, J. M. (2003). Effects of Cultivar and Processing Method on the Contents of Catechins and Procyanidins in Grape Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 640–646. doi:10.1021/jf020689m

Gaikwad, S. G. ve Pandit, A. B. (2008). Ultrasound emulsification: Effect of ultrasonic and physicochemical properties on dispersed phase volume and droplet size. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(4), 554–563. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2007.06.011

Gallego-Juárez, J. A., Rodríguez, G., Riera, E. ve Cardoni, A. (2015). Ultrasonic defoaming and debubbling in food processing and other applications. J. A. Gallego-Juárez ve K. F. Graff (Ed.), *Power Ultrasonics* içinde (ss. 793–814). Elsevier. doi:10.1016/B978-1-78242-028-6.00026-0

Gamboa-Santos, J., Cristina Soria, A., Pérez-Mateos, M., Carrasco, J. A., Montilla, A. ve

- Villamiel, M. (2013). Vitamin C content and sensorial properties of dehydrated carrots blanched conventionally or by ultrasound. *Food Chemistry*, 136(2), 782–788. doi:10.1016/j.foodchem.2012.07.122
- Gao, S., Hemar, Y., Ashokkumar, M., Paturel, S. ve Lewis, G. D. (2014). Inactivation of bacteria and yeast using high-frequency ultrasound treatment. *Water Research*, 60, 93–104. doi:10.1016/j.watres.2014.04.038
- Gao, S., Hemar, Y. ve Lewis, G. D. (2014). Inactivation of *Enterobacter aerogenes* in reconstituted skim milk by high- and low-frequency ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(6), 2099–2106. doi:10.1016/j.ultsonch.2013.12.008
- Garoma, T. ve Janda, D. (2016). Investigation of the effects of microalgal cell concentration and electroporation, microwave and ultrasonication on lipid extraction efficiency. *Renewable Energy*, 86, 117–123. doi:10.1016/j.renene.2015.08.009
- Giusti, M. ve Wrolstad, R. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* içinde . Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/0471142913.faf0102s00
- Gogate, P. R. ve Pandit, A. B. (2004). A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. *Advances in Environmental Research*, 8(3–4), 501–551. doi:10.1016/S1093-0191(03)00032-7
- Gomes, W. F., Tiwari, B. K., Rodriguez, Ó., de Brito, E. S., Fernandes, F. A. N. ve Rodrigues, S. (2017). Effect of ultrasound followed by high pressure processing on prebiotic cranberry juice. *Food Chemistry*, 218, 261–268. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2016.08.132
- Gómez-López, V. M., Koutchma, T. ve Linden, K. (2012). Ultraviolet and Pulsed Light Processing of Fluid Foods. P. J. (Patrick J. . Cullen, B. K. Tiwari ve V. P. Valdramidis (Ed.), *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods* içinde (ss. 185–223). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-381470-8.00008-6
- Gonnet, J.-F. (1998). Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited—1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chemistry*, 63(3), 409–415. doi:10.1016/S0308-8146(98)00053-3
- Guerrero, S., López-Malo, A. ve Alzamora, S. . (2001). Effect of ultrasound on the survival of *Saccharomyces cerevisiae*: influence of temperature, pH and amplitude. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2(1), 31–39. doi:10.1016/S1466-8564(01)00020-0
- Günaydın, M. (2011). *Ultrasonik radyasyon ile sulardan doğal organik maddenin gideriminin araştırılması*. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ha, J.-H., Kim, H.-J. ve Ha, S.-D. (2012). Effect of combined radiation and NaOCl/ultrasonication on reduction of *Bacillus cereus* spores in rice. *Radiation Physics and Chemistry*, 81(8), 1177–1180. doi:10.1016/j.radphyschem.2012.01.026
- Halpin, R. M., Duffy, L., Cregenzán-Alberti, O., Lyng, J. G. ve Noci, F. (2014). The effect of non-thermal processing technologies on microbial inactivation: An investigation into sub-lethal injury of *Escherichia coli* and *Pseudomonas fluorescens*. *Food Control*, 41, 106–115. doi:10.1016/j.foodcont.2014.01.011
- Harder, M. N. C., Arthur, V. ve Arthur, P. B. (2016). Irradiation of Foods: Processing Technology and Effects on Nutrients: Effect of Ionizing Radiation on Food Components. *Encyclopedia of Food and Health* içinde (ss. 476–481). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00405-0
- Harrigan, W. F. (1998). *Laboratory methods in food microbiology* (3rd ed.). Academic Press.
- Hasan, M. M., Yun, H.-K., Kwak, E.-J. ve Baek, K.-H. (2014). Preparation of resveratrol-enriched grape juice from ultrasonication treated grape fruits. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(2), 729–734.

doi:10.1016/j.ultsonch.2013.08.008

Herceg, Z., Markov, K., Sobata, B. Š., Jambrak, R. A., Vukušić, T. ve Kaliterna, J. (2013). Effect of High Intensity Ultrasound Treatment on the Growth of Food Spoilage Bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, 51, 352–359. <http://www.ftb.com.hr/index.php/archives/135-volume-51-issue-no-3/1141-effect-of-high-intensity-ultrasound-treatment-on-the-growth-of-food-spoilage-bacteria> adresinden erişildi.

Hoekstra, E. S., Van Der Horst, M. I., Samson, R. A. ve Stark, J. (1998). Survey of the fungal flora in Dutch cheese factories and warehouses. J. Dijksterhuis ve R. A. Samson (Ed.), *Food Mycology: A Multifaceted Approach to Fungi and Food* içinde (ss. 13–22).

Hossain, F., Follett, P., Vu, K. D., Salmieri, S., Senoussi, C. ve Lacroix, M. (2014). Radiosensitization of *Aspergillus niger* and *Penicillium chrysogenum* using basil essential oil and ionizing radiation for food decontamination. *Food Control*, 45, 156–162. doi:10.1016/J.FOODCONT.2014.04.022

Hygreeva, D. ve Pandey, M. C. (2016). Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 175–185. doi:10.1016/J.TIFS.2016.06.002

Imunek, M., Jambrak, A., Petrović, M., Juretić, H., Major, N., Herceg, Z., ... Vukušić, T. (2013). Aroma Profile and Sensory Properties of Ultrasound-Treated Apple Juice and Nectar. *Food Technol. Biotechnol.*, 51(1), 101–111. http://www.ftb.com.hr/images/pdfarticles/2013/Vol.51_No.1/ftb_51-1_101-111.pdf adresinden erişildi.

Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Hashim, M. M., Lei, S., Wu, T. ve Zeng, X. (2015). Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7002–7013. doi:10.1007/s13197-015-1847-7

Jabbar, S., Abid, M., Wu, T., Muhammad Hashim, M., Hu, B., Lei, S., ... Zeng, X. (2014). Study on combined effects of blanching and sonication on different quality parameters of carrot juice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(1), 28–33. doi:10.3109/09637486.2013.836735

Jaeschke, D. P., Menegol, T., Rech, R., Mercali, G. D. ve Marczak, L. D. F. (2016). Carotenoid and lipid extraction from *Heterochlorella luteoviridis* using moderate electric field and ethanol. *Process Biochemistry*, 51(10), 1636–1643. doi:10.1016/J.PROCBIO.2016.07.016

Jagus, R. J., Gerschenson, L. N. ve Ollé Resa, C. P. (2016). Combinational Approaches for Antimicrobial Packaging: Natamycin and Nisin. *Antimicrobial Food Packaging* içinde (ss. 599–608). doi:10.1016/B978-0-12-800723-5.00049-8

Jalili, M., Jinap, S. ve Noranizan, A. (2010). Effect of gamma radiation on reduction of mycotoxins in black pepper. *Food Control*, 21(10), 1388–1393. doi:10.1016/j.foodcont.2010.04.012

Jambrak, A. R., Šimunek, M., Petrović, M., Bedić, H., Herceg, Z. ve Juretić, H. (2017). Aromatic profile and sensory characterisation of ultrasound treated cranberry juice and nectar. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 783–793. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2016.11.027

Jayasooriya, S. D., Bhandari, B. R., Torley, P. ve D'Arcy, B. R. (2004). Effect of High Power Ultrasound Waves on Properties of Meat: A Review. *International Journal of Food Properties*, 7(2), 301–319. doi:10.1081/JFP-120030039

Jiang, B., Mantri, N., Hu, Y., Lu, J., Jiang, W. ve Lu, H. (2015). Evaluation of bioactive compounds of black mulberry juice after thermal, microwave, ultrasonic processing, and storage at different temperatures. *Food Science and Technology International*, 21(5), 392–399. doi:10.1177/1082013214539153

- Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A. ve Fernández-Gutiérrez, A. (2017). Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 637–652. doi:10.1080/10408398.2014.914019
- Jose V. Garcia-Perez. (2017). Characterization of Pork Meat Products using Ultrasound. V. Mar, Jose V. Garcia-Perez, M. Antonia, A. C. Juan ve B. Jose (Ed.), *Ultrasound in Food Processing: Recent Advances* içinde (First Edit., ss. 3–24). United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Kahraman, O., Lee, H., Zhang, W. ve Feng, H. (2017). Manothermosonication (MTS) treatment of apple-carrot juice blend for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 820–828. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2016.11.024
- Kaletunç, G. (2009). Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 502, 61–63.
- Kallinteri, L. D., Kostoula, O. K. ve Savvaidis, I. N. (2013). Efficacy of nisin and/or natamycin to improve the shelf-life of Galotyri cheese. *Food Microbiology*, 36(2), 176–181. doi:10.1016/j.fm.2013.05.006
- Keklik, N. M., Krishnamurthy, K. ve Demirci, A. (2012). Microbial decontamination of food by ultraviolet (UV) and pulsed UV light. A. Demirci ve M. O. Ngadi (Ed.), *Microbial Decontamination in the Food Industry* içinde (ss. 344–369). Elsevier. doi:10.1533/9780857095756.2.344
- Kennedy, J. A., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E. J. ve Jones, G. P. (2001). Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5348–55. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11714327> adresinden erişildi.
- Khanal, S. N., Anand, S. ve Muthukumarappan, K. (2014). Evaluation of high-intensity ultrasonication for the inactivation of endospores of 3 bacillus species in nonfat milk. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 5952–5963. doi:10.3168/jds.2014-7950
- Khanal, S. N., Anand, S., Muthukumarappan, K. ve Huegli, M. (2014). Inactivation of thermophilic aerobic sporeformers in milk by ultrasonication. *Food Control*, 37, 232–239. doi:10.1016/j.foodcont.2013.09.022
- Khandpur, P. ve Gogate, P. R. (2015). Effect of novel ultrasound based processing on the nutrition quality of different fruit and vegetable juices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 125–136. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2015.05.008
- Kiang, W.-S., Bhat, R., Rosma, A. ve Cheng, L.-H. (2013). Effects of thermosonication on the fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Enteritidis in mango juice. *Letters in Applied Microbiology*, 56(4), 251–257. doi:10.1111/lam.12042
- Kielczyński, P. (2017). The Application of Ultrasonics for Oil Characterization. V. Mar, Jose V. Garcia-Perez, M. Antonia, A. C. Juan ve B. Jose (Ed.), *Ultrasound in Food Processing: Recent Advances* içinde (ss. 116–125). United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. <https://www.wiley.com/en-us/Ultrasound+in+Food+Processing%3A+Recent+Advances-p-9781118964187> adresinden erişildi.
- Kim, H.-J., Jayasena, D. D., Yong, H. I. ve Jo, C. (2016). Quality of Cold Plasma Treated Foods of Animal Origin. *Cold Plasma in Food and Agriculture* içinde (ss. 273–291). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-801365-6.00011-1
- Kim, H. S., Cho, Y. I., Hwang, I. H., Lee, D. H., Cho, D. J., Rabinovich, A. ve Fridman, A. (2013). Use of plasma gliding arc discharges on the inactivation of *E. Coli* in water. *Separation and Purification Technology*, 120, 423–428. doi:10.1016/J.SEPPUR.2013.09.041

- Kılıç, S. ve Karadeniz, F. (2013). *Siyah üzüm suyunda biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitenin proses ve depolamada değişimi*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden erişildi.
- Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M. ve Gliszczynska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 313–322. doi:10.1016/J.JFCA.2006.02.012
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. ve Lee, D.-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261–266. doi:10.1016/J.TIFS.2003.12.001
- Koda, S., Miyamoto, M., Toma, M., Matsuoka, T. ve Maebayashi, M. (2009). Inactivation of *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans* by ultrasound at 500 kHz. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(5), 655–659. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2009.02.003
- Koontz, J. L., Marcy, J. E., Barbeau, W. E. ve Duncan, S. E. (2003). Stability of Natamycin and Its Cyclodextrin Inclusion Complexes in Aqueous Solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7111–7114. doi:10.1021/jf030333q
- Koutchma, T. (2014). Basic Principles of UV Light Generation. *Food Plant Safety* içinde (ss. 3–13). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-416620-2.00002-3
- Koutchma, T., Forney, L. J. ve Moraru, C. I. (2009). Principles and Applications of UV Technology. T. N. Koutchma, L. J. Forney ve C. I. Moraru (Ed.), *Ultraviolet light in food technology : principles and applications* içinde (ss. 1–50). CRC Press.
- Kwaw, E., Ma, Y., Tchabo, W., Sackey, A. S., Apaliya, M. T., Xiao, L., ... Sarpong, F. (2018). Ultrasonication effects on the phytochemical, volatile and sensorial characteristics of lactic acid fermented mulberry juice. *Food Bioscience*, 24, 17–25. doi:10.1016/J.FBIO.2018.05.004
- Lagnika, C., Adjovi, Y. C. S., Lagnika, L., Gogohounga, F. O., Do-Sacramento, O., Koulony, R. K. ve Sanni, A. (2017). Effect of Combining Ultrasound and Mild Heat Treatment on Physicochemical, Nutritional Quality and Microbiological Properties of Pineapple Juice. *Food and Nutrition Sciences*, 08(02), 227–241. doi:10.4236/fns.2017.82015
- Lee, H., Kim, H., Cadwallader, K. R., Feng, H. ve Martin, S. E. (2013). Sonication in combination with heat and low pressure as an alternative pasteurization treatment – Effect on *Escherichia coli* K12 inactivation and quality of apple cider. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(4), 1131–1138. doi:10.1016/j.ultsonch.2013.01.003
- Leighton, T. G. (2007). What is ultrasound? *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93, 3–83. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.026
- Lelieveld, H. L. M., Notermans, S. ve Haan, S. W. H. de. (2007). *Food preservation by pulsed electric fields : from research to application*. Woodhead.
- Liang, Z., Wu, B., Fan, P., Yang, C., Duan, W., Zheng, X., ... Li, S. (2008). Anthocyanin composition and content in grape berry skin in *Vitis* germplasm. *Food Chemistry*, 111(4), 837–844. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2008.04.069
- Lieu, L. N. ve Le, V. V. M. (2010). Application of ultrasound in grape mash treatment in juice processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(1), 273–279. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2009.05.002
- Lima, M. dos S., da Conceição Prudêncio Dutra, M., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Pereira, G. E., de Oliveira, D., ... Ninow, J. L. (2015). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. *Food Chemistry*, 188, 384–392. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2015.04.014
- Lima, M. dos S., Silani, I. de S. V., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Biasoto, A. C. T., Pereira, G. E., ... Ninow, J. L. (2014). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape

- juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food Chemistry*, 161, 94–103. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2014.03.109
- Liu, D., Zeng, X. A., Sun, D. W. ve Han, Z. (2013). Disruption and protein release by ultrasonication of yeast cells. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 132–137. doi:10.1016/j.ifset.2013.02.006
- Liu, F., Li, R., Wang, Y., Bi, X. ve Liao, X. (2014). Effects of high hydrostatic pressure and high-temperature short-time on mango nectars: Changes in microorganisms, acid invertase, 5-hydroxymethylfurfural, sugars, viscosity, and cloud. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, 22–30. doi:10.1016/J.IFSET.2013.11.014
- Liu, F., Zhang, X., Zhao, L., Wang, Y. ve Liao, X. (2016). Potential of high-pressure processing and high-temperature/short-time thermal processing on microbial, physicochemical and sensory assurance of clear cucumber juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 51–58. doi:10.1016/J.IFSET.2015.12.030
- Liu, Y., Jia, S., Ran, J. ve Wu, S. (2010). Effects of static magnetic field on activity and stability of immobilized α -amylase in chitosan bead. *Catalysis Communications*, 11(5), 364–367. doi:10.1016/J.CATCOM.2009.11.002
- López-Malo, A., Palou, E., Jiménez-Fernández, M., Alzamora, S. M. ve Guerrero, S. (2005). Multifactorial fungal inactivation combining thermosonication and antimicrobials. *Journal of Food Engineering*, 67(1), 87–93. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.072
- Luque de Castro, M. D. ve Priego-Capote, F. (2007). Ultrasound-assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14(6), 717–724. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2006.12.004
- Lutz, M., Jorquera, K., Cancino, B., Ruby, R. ve Henriquez, C. (2011). Phenolics and Antioxidant Capacity of Table Grape (*Vitis vinifera* L.) Cultivars Grown in Chile. *Journal of Food Science*, 76(7), C1088–C1093. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02298.x
- Ma, Y.-Q., Chen, J.-C., Liu, D.-H. ve Ye, X.-Q. (2008). Effect of Ultrasonic Treatment on the Total Phenolic and Antioxidant Activity of Extracts from Citrus Peel. *Journal of Food Science*, 73(8), T115–T120. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00908.x
- Ma, Y.-Q., Ye, X.-Q., Fang, Z.-X., Chen, J.-C., Xu, G.-H. ve Liu, D.-H. (2008). Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Extracts from Ultrasonic Treatment of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) Peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5682–5690. doi:10.1021/jf072474o
- Machado, L. F., Pereira, R. N., Martins, R. C., Teixeira, J. A. ve Vicente, A. A. (2010). Moderate electric fields can inactivate *Escherichia coli* at room temperature. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 520–527. doi:10.1016/J.JFOODENG.2009.08.035
- Maier, T., Schieber, A., Kammerer, D. R. ve Carle, R. (2009). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 112(3), 551–559. doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.005
- Mañas, P., Pagán, R., Raso, J., Sala, F. J. ve Condón, S. (2000). Inactivation of *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, and *Salmonella* Senftenberg by ultrasonic waves under pressure. *Journal of food protection*, 63(4), 451–6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10772209> adresinden erişildi.
- Mar, V., Jose V. Garcia-Perez, Antonia, M., Juan, A. C. ve Jose, B. (2017). *Ultrasound in Food Processing: Recent Advances*. (V. Mar, Jose V. Garcia-Perez, M. Antonia, A. C. Juan ve B. Jose, Ed.) (Firs Etidi.). United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. <https://www.wiley.com/en-us/Ultrasound+in+Food+Processing%3A+Recent+Advances-p-9781118964187> adresinden erişildi.

- Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., Elez-Martínez, P., Robert Marsellés-Fontanet, A. ve Vega-Mercado, H. (2014). Non-thermal Processing Technologies. Y. Motarjemi ve H. Lelieveld (Ed.), *Food Safety Management* içinde (ss. 443–465). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-381504-0.00018-4
- Martínez-Flores, H. E., Garnica-Romo, M. G., Bermúdez-Aguirre, D., Pokhrel, P. R. ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2015). Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chemistry*, 172, 650–656. doi:10.1016/j.foodchem.2014.09.072
- Marx, G., Moody, A. ve Bermúdez-Aguirre, D. (2011). A comparative study on the structure of *Saccharomyces cerevisiae* under nonthermal technologies: High hydrostatic pressure, pulsed electric fields and thermo-sonication. *International Journal of Food Microbiology*, 151(3), 327–337. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.027
- Mason, T. J. (1998). Power Ultrasound in Food Processing - the Way Forward. M. J. . Povey ve T. J. Mason (Ed.), *Ultrasound in Food Processing* içinde (ss. 105–127). London: Blackie Academic& Professional.
- Mason, T. J. (1999). Sonochemistry: current uses and future prospects in the chemical and processing industries. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 357, 355–369. <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/357/1751/355.full.pdf> adresinden erişildi.
- Mason, T. J. ve Lorimer, J. P. (2002). *Applied sonochemistry : the uses of power ultrasound in chemistry and processing*. Wiley-VCH. doi:10.1002/352760054X
- Mason, T. J., Paniwnyk, L. ve Chemat, F. (2003). Ultrasound as a preservation technology. P. Zeuthen ve L. Bøgh-Sørensen (Ed.), *Food Preservation Techniques* içinde (ss. 303–337). Woodhead Publishers. doi:10.1533/9781855737143.3.303
- Mason, T. J., Riera, E. ., Vercet, A. ve Lopez-Buesa, P. (2005). Application of Ultrasound. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* içinde (ss. 324–351). Italy: Elsevier Academic Press. <https://libgen.io/book/index.php?md5=F0CB1225DB2F684DA8B2C2535424A835> adresinden erişildi.
- Mattar, J. R., Turk, M. F., Nonus, M., Lebovka, N. I., El Zakhem, H. ve Vorobiev, E. (2015). *S. cerevisiae* fermentation activity after moderate pulsed electric field pre-treatments. *Bioelectrochemistry*, 103, 92–97. doi:10.1016/J.BIOELECTCHEM.2014.08.016
- Mawson, R., Gamage, M., Terefe, N. S. ve Knoerzer, K. (2011). Ultrasound in Enzyme Activation and Inactivation. H. Feng, G. V. Barbosa-Cánovas ve J. Weiss (Ed.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing* içinde (1. bs., ss. 369–404). London: Springer, New York, NY. doi:10.1007/978-1-4419-7472-3_14
- Mawson, R., Tongaonkar, J., Bhagwat, S. S. ve Pandit, A. B. (2016). Airborne Ultrasound for Enhanced Defoaming Applications. K. Knoerzer, P. Juliano ve G. W. Smithers (Ed.), *Innovative Food Processing Technologies* içinde (ss. 347–359). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-100294-0.00013-4
- McCausland, L. J. ve Cains, P. W. (2004). Power ultrasound-a means to promote and control crystallization in biotechnology. *Biotechnology & genetic engineering reviews*, 21, 3–10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17017026> adresinden erişildi.
- McClements, D. J. (1995). Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 6(9), 293–299. doi:10.1016/S0924-2244(00)89139-6
- Milani, E. A., Ramsey, J. G. ve Silva, F. V. M. (2016). High pressure processing and thermosonication of beer: Comparing the energy requirements and *Saccharomyces cerevisiae* ascospores inactivation with thermal processing and modeling. *Journal of Food Engineering*, 181,

35–41. doi:10.1016/j.jfoodeng.2016.02.023

Mohideen, F. W., Solval, K. M., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A., ... Sathivel, S. (2015). Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 563–570. doi:10.1016/j.lwt.2014.07.047

Mok, J. H., Choi, W., Park, S. H., Lee, S. H. ve Jun, S. (2015). Emerging pulsed electric field (PEF) and static magnetic field (SMF) combination technology for food freezing. *International Journal of Refrigeration*, 50, 137–145. doi:10.1016/J.IJREFRIG.2014.10.025

Monagas, M., Bartoleme, B. ve Gomez-Cordoves, C. (2005). Updated Knowledge About the Presence of Phenolic Compounds in Wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(2), 85–118. doi:10.1080/10408690490911710

Morey, M. D., Deshpande, N. S. ve Barigou, M. (1999). Foam Destabilization by Mechanical and Ultrasonic Vibrations. *Journal of Colloid and Interface Science*, 219(1), 90–98. doi:10.1006/jcis.1999.6451

Mtaoua, H., Sánchez-Vega, R., Ferchichi, A. ve Martín-Belloso, O. (2017). Impact of High-Intensity Pulsed Electric Fields or Thermal Treatment on the Quality Attributes of Date Juice through Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13052. doi:10.1111/jfpp.13052

Muñoz, A., Palgan, I., Noci, F., Morgan, D. J., Cronin, D. A., Whyte, P. ve Lyng, J. G. (2011). Combinations of High Intensity Light Pulses and Thermosonication for the inactivation of *Escherichia coli* in orange juice. *Food Microbiology*, 28(6), 1200–1204. doi:10.1016/j.fm.2011.04.005

Muntean, M.-V., Marian, O., Barbieru, V., Cătunescu, G. M., Ranta, O., Drocas, I. ve Terhes, S. (2016). High Pressure Processing in Food Industry – Characteristics and Applications. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 377–383. doi:10.1016/J.AASPRO.2016.09.077

Muthukumarappan, K., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P. ve Cullen, P. J. (2010). Ultrasound processing: rheological and functional properties of food. J. Ahmed, S. Ramaswamy, H. S. Kasapis ve J. I. Boye (Ed.), in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties* içinde (ss. 85–102). USA: CRC Press.

Nadeem, M., Ubaid, N., Qureshi, T. M., Munir, M. ve Mehmood, A. (2018). Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 45, 1–6. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2018.02.034

Nafar, M., Emam-Djomeh, Z., Yousefi, S. ve Hashemi Ravan, M. (2013). An Optimization Study on the Ultrasonic Treatments for *Saccharomyces cerevisiae* Inactivation in Red Grape Juice with Maintaining Critical Quality Attributes. *Journal of Food Quality*, 36(4), 269–281. doi:10.1111/jfq.12032

Niemira, B. A. (2012). Cold Plasma Decontamination of Foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 125–142. doi:10.1146/annurev-food-022811-101132

Noci, F. (2017). Dairy Products Processed With Ultrasound. D. Bermudez-Aguirre (Ed.), *Ultrasound: Advances for Food Processing and Preservation* içinde (ss. 145–180). USA: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-804581-7.00006-3

O'Donnell, C. P., Tiwari, B. K., Bourke, P. ve Cullen, P. J. (2010). Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, 21(7), 358–367. doi:10.1016/J.TIFS.2010.04.007

Ojha, K., Mason, T. J., O'Donnell, C. P., Kerry, J. P. ve Tiwari, B. K. (2017). Ultrasound

technology for food fermentation applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 410–417. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2016.06.001

Ojha, K., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. ve Kerry, J. P. (2016). Emerging Nonthermal Food Preservation Technologies. C. E. Leadley (Ed.), *Innovation and Future Trends in Food Manufacturing and Supply Chain Technologies* içinde (ss. 257–274). Elsevier. doi:10.1016/B978-1-78242-447-5.00009-5

Oliveira, A. F. A., Mar, J. M., Santos, S. F., da Silva Júnior, J. L., Kluczkowski, A. M., Bakry, A. M., ... Campelo, P. H. (2018). Non-thermal combined treatments in the processing of açai (*Euterpe oleracea*) juice. *Food Chemistry*, 265, 57–63. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2018.05.081

Ollé Resa, C. P., Gerschenson, L. N. ve Jagus, R. J. (2016). Starch edible film supporting natamycin and nisin for improving microbiological stability of refrigerated argentinian Port Salut cheese. *Food Control*, 59, 737–742. doi:10.1016/J.FOODCONT.2015.06.056

Olmedo, G. M., Cerioni, L., González, M. M., Cabrerizo, F. M., Volentini, S. I. ve Rapisarda, V. A. (2017). UVA Photoactivation of Harmol Enhances Its Antifungal Activity against the Phytopathogens *Penicillium digitatum* and *Botrytis cinerea*. *Frontiers in microbiology*, 8, 347. doi:10.3389/fmicb.2017.00347

Onay, F. (2015). *Natamisin'in meyvelerde küflenme problemine etkilerinin araştırılması*. Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J. ve Arias-Jaramillo, M. E. (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. *Food Chemistry*, 233, 96–100. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2017.04.114

Ordóñez, J., Aguilera, M., Garcia, M. ve Sanz, B. (1987). Effect of combined ultrasonic and heat treatment (thermoultrasonication) on the survival of a strain of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Dairy Research*, 54(1), 61–67. doi:10.1017/S0022029900025206

Ozuna, C., Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Peña, R. ve Mulet, A. (2015). Influence of Brine Concentration on Moisture and NaCl Transport During Meat Salting. M. d. P. Gutierrez-Lopez, G., Alamilla-Beltran, L., Buera, J. elti-Chanes, E. arada-Arias ve G. V. Barbosa-Cánovas (Ed.), *The State of Water and Its Impact on Pharmaceutical Systems: Lipid-Based Drug Delivery Systems and Amorphous Solids* içinde (ss. 519–525). Springer, New York, NY. doi:10.1007/978-1-4939-2578-0_47

Pala, Ç. U., Zorba, N. N. D. ve Özcan, G. (2015). Microbial Inactivation and Physicochemical Properties of Ultrasound Processed Pomegranate Juice. *Journal of Food Protection*, 78(3), 531–539. doi:10.4315/0362-028X.JFP-14-290

Paniwnyk, L. (2014). Application of Ultrasound. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging technologies for food processing* içinde (2nd Editio., ss. 271–312). USA: Academic Press.

Paniwnyk, L. (2017). Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 794–806. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2016.12.025

Pankaj, S. K., Bueno-Ferrer, C., Misra, N. N., Milosavljević, V., O'Donnell, C. P., Bourke, P., ... Cullen, P. J. (2014). Applications of cold plasma technology in food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 5–17. doi:10.1016/J.TIFS.2013.10.009

Park, S., Mizan, M. F. R. ve Ha, S.-D. (2016). *Inactivation of Cronobacter sakazakii in head lettuce by using a combination of ultrasound and sodium hypochlorite*. *Food Control* (C. 60). doi:10.1016/j.foodcont.2015.08.041

Park, Y., Park, E., Kim, J.-S. ve Kang, M.-H. (2003). Daily grape juice consumption reduces oxidative DNA damage and plasma free radical levels in healthy Koreans. *Mutation research*, 529(1–2), 77–86. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12943921> adresinden erişildi.

Pasquali, F., Stratakos, A. C., Koidis, A., Berardinelli, A., Cevoli, C., Ragni, L., ... Trevisani, M.

- (2016). Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.). *Food Control*, 60, 552–559. doi:10.1016/J.FOODCONT.2015.08.043
- Patel, M. M., Hall, A. J., Vinjé, J., Parashar, U. D., Bryce, J., Boschi-Pinto, C., ... Ward, R. L. (2009). Noroviruses: a comprehensive review. *Journal of clinical virology: the official publication of the Pan American Society for Clinical Virology*, 44(1), 1–8. doi:10.1016/j.jcv.2008.10.009
- Patil, L. ve Gogate, P. R. (2018). Ultrasound assisted synthesis of stable oil in milk emulsion: Study of operating parameters and scale-up aspects. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 135–146. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2017.07.001
- Patist, A. ve Bates, D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 147–154. doi:10.1016/J.IFSET.2007.07.004
- Patterson, M. (2014). High-Pressure Treatment of Foods. C. A. Batt ve M. Lou Tortorello (Ed.), *Encyclopedia of Food Microbiology* içinde (ss. 206–212). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-384730-0.00164-6
- Pérez-Grijalva, B., Herrera-Sotero, M., Mora-Escobedo, R., Zebadúa-García, J. C., Silva-Hernández, E., Oliart-Ros, R., ... Guzmán-Gerónimo, R. (2018). Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 47–53. doi:10.1016/J.LWT.2017.08.059
- Peters, D. (1996). Ultrasound in materials chemistry. *Journal of Materials Chemistry*, 6(10), 1605–1618. doi:10.1039/jm9960601605
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.-S. ve Chemat, F. (2013). Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. *Food Control*, 31(2), 593–606. doi:10.1016/J.FOODCONT.2012.11.039
- Piyasena, P., Mohareb, E. ve McKellar, R. . (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87(3), 207–216. doi:10.1016/S0168-1605(03)00075-8
- Preece, K. E., Hooshyar, N., Krijgsman, A., Fryer, P. J. ve Zuidam, N. J. (2017). Intensified soy protein extraction by ultrasound. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 113, 94–101. doi:10.1016/J.CEP.2016.09.003
- Purcell, D., Parsons, S. A. ve Jefferson, B. (2013). The influence of ultrasound frequency and power, on the algal species *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Scenedesmus subspicatus* and *Melosira* sp. *Environmental Technology*, 34(17), 2477–2490. doi:10.1080/09593330.2013.773355
- Raghavarao, K., Nagaraj, N., Patil, G., Babu, B. R. ve Niranjana, K. (2005). Athermal Membrane Processes for the Concentration of Liquid Foods and Natural Colours. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* içinde (ss. 251–277). Elsevier. doi:10.1016/B978-012676757-5/50012-8
- Raso, J., Pagán, R., Condón, S. ve Sala, F. J. (1998). Influence of temperature and pressure on the lethality of ultrasound. *Applied and environmental microbiology*, 64(2), 465–71. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16349498> adresinden erişildi.
- Rawson, A., Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Brennan, C., Cullen, P. J. ve O'Donnell, C. (2011). Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. *Food Research International*, 44(5), 1168–1173. doi:10.1016/j.foodres.2010.07.005
- Rein, M. ve Heinonen, M. (2004). Stability and Enhancement of Berry Juice Color. doi:10.1021/JF035507I

- Reps, A., Jedrychowski, L., Tomasik, J. ve Wisniewska, K. (2002). Natamycin In Ripening Cheeses. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1(5), 243–247. doi:10.3923/pjn.2002.243.247
- Režek Jambrak, A., Šimunek, M., Evačić, S., Markov, K., Smoljanić, G. ve Frece, J. (2017). Influence of high power ultrasound on selected moulds, yeasts and Alicyclobacillus acidoterrestris in apple, cranberry and blueberry juice and nectar. *Ultrasonics*. doi:10.1016/j.ultras.2017.02.011
- Rodrigues, S. ve Fernandes, F. A. N. (2017). Extraction Processes Assisted by Ultrasound. D. Bermúdez-Aguirre (Ed.), *Ultrasound: Advances for Food Processing and Preservation* içinde (1. bs., ss. 351–368). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-804581-7.00014-2
- Rodrigues, S., Pinto, G. A. S. ve Fernandes, F. A. N. (2008). Optimization of ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (Cocos nucifera) shell powder by response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(1), 95–100. doi:10.1016/j.ultsonch.2007.01.006
- Rodríguez, G., Riera, E., Gallego-Juárez, J. A., Acosta, V. M., Pinto, A., Martínez, I. ve Blanco, A. (2010). Experimental study of defoaming by air-borne power ultrasonic technology. *Physics Procedia*, 3(1), 135–139. doi:10.1016/J.PHPRO.2010.01.019
- Rodríguez, Ó., Santacatalina, J. V., Simal, S., Garcia-Perez, J. V., Femenia, A. ve Rosselló, C. (2014). Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties. *Journal of Food Engineering*, 129, 21–29. doi:10.1016/J.JFOODENG.2014.01.001
- Rosenberg, M. (1995). Current and future applications for membrane processes in the dairy industry. *Trends in Food Science & Technology*, 6(1), 12–19. doi:10.1016/S0924-2244(00)88912-8
- Ross, A. I. V., Griffiths, M. W., Mittal, G. S. ve Deeth, H. C. (2003). Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *International journal of food microbiology*, 89(2–3), 125–38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14623378> adresinden erişildi.
- Sadler, G. D. ve Murphya, P. A. (2010). pH and Titratable Acidity. S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* içinde (Fourth Edition., ss. 219–238). USA: Springer.
- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Awad, F. N., ... Zeng, X. (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 452–458. doi:10.1016/J.LWT.2015.05.005
- Sagong, H.-G., Lee, S.-Y., Chang, P.-S., Heu, S., Ryu, S., Choi, Y.-J. ve Kang, D.-H. (2011). Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, and Listeria monocytogenes on organic fresh lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, 145(1), 287–292. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.010
- Şahan, N., Güven, M. ve Kaçar, A. (2004). Farklı Asitliklerdeki Yoğurtlardan Torba Yogurdu Üretimi ve Natamisinin Raf Ömrü Üzerine Etkisi. *Gıda*, 29(1), 9–15.
- Şahin, G., Ünüvar, S. ve Baydar, T. (2011). Patulin: toksisitesi ve bebek beslenmesinde kullanılan ürünlerde olası bulaşma. *Türk Pediatri Arşivi*, 46(4), 275–279. doi:10.4274/tpa.46.494
- Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A. ve García-Hernández, M. J. (2017). Ultrasonic Applications in Bakery Products. V. Mar, Jose V. Garcia-Perez, M. Antonia, A. C. Juan ve B. Jose (Ed.), *Ultrasound in Food Processing Recent Advances* içinde (ss. 65–82). John Wiley & Sons Ltd.
- Salazar, J., Turó, A., Chávez, J. A. ve García-Hernández, M. J. (2012). Process Design Involving Ultrasound. A. Jasim ve R. Mohammad Shafiur (Ed.), *Handbook of Food Process Design* içinde (ss. 1107–1165). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. doi:10.1002/9781444398274.ch38
- Saleem, R. ve Ahmad, R. (2016). Effect of low frequency ultrasonication on biochemical and structural properties of chicken actomyosin. *Food Chemistry*, 205, 43–51.

doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.003

Samani, B. H., Khoshtaghaza, M. H., Lorigooini, Z., Minaei, S. ve Zareiforush, H. (2015). Analysis of the combinative effect of ultrasound and microwave power on *Saccharomyces cerevisiae* in orange juice processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 32, 110–115. doi:10.1016/J.IFSET.2015.09.015

Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R., López-Gómez, A. ve Marín-Iniesta, F. (2016). Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in natural orange and pomegranate juices. *LWT*, 73(73), 140–146. doi:10.1016/j.lwt.2016.06.005

Sánchez, E. S., Simal, S., Femenia, A., Benedito, J. ve Rosselló, C. (1999). Influence of ultrasound on mass transport during cheese brining. *European Food Research and Technology*, 209(3–4), 215–219. doi:10.1007/s002170050483

Santhirasegaram, V., Razali, Z. ve Somasundram, C. (2013). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1276–1282. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2013.02.005

Santos, H. M., Lodeiro, C. ve Capelo-Martinez, J. L. (2009). The power of ultrasound. J.-L. Capelo-Martínez (Ed.), *Ultrasound in chemistry: analytical applications* içinde (ss. 1–15). Weinheim: Wiley-VCH. <https://www.wiley.com/en-us/Ultrasound+in+Chemistry%3A+Analytical+Applications-p-9783527319343> adresinden erişildi.

Santos, M., Saraiva, J., Gomes, A. M. ve Saraiva, J. (2015). Pasting of maize and rice starch after high pressure processing: Studies based on an acoustic wave sensor. *Sens Actuators B Chem*, 209, 323–327. <http://jglobal.jst.go.jp/en/public/20090422/201502277345897071> adresinden erişildi.

Sarıtaş, G. (2017). *Natamisin içeren aljinat ve zein filmlerinin hazırlanması, karakterizasyonu ve kaşar peynirinin raf ömrü üzerine etkisi*. Ordu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Saroya, H. K. (2017). *Innovative Non-Thermal Food Processing Technologies Used By The Food Industry In The United States*. <http://digitalcommons.wku.edu/theses> adresinden erişildi.

Schneider, Y., Zahn, S. ve Rohm, H. (2011). Ultrasonic Cutting of Foods. H. Feng, G. V. Barbosa-Cánovas ve J. Weiss (Ed.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing* içinde (ss. 211–237). Springer, New York, NY. doi:10.1007/978-1-4419-7472-3_9

Şengül, M., Erkaya, T., Başlar, M. ve Ertugay, M. F. Effect of photosonation treatment on inactivation of total and coliform bacteria in milk. 22 Food Control 1803–1806 (2011). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713511001423> adresinden erişildi.

Shaheer, C. A., Hafeeda, P., Kumar, R., Kathiravan, T., Kumar, D. ve Nadanasabapathi, S. (2014). Effect of thermal and thermosonation on anthocyanin stability in jamun (*Eugenia jambolana*) fruit juice. *International Food Research Journal*, 21(6), 2189–2194. <http://www.ifrj.upm.edu.my> adresinden erişildi.

Sharma, H. K., Kaur, J., Sarkar, B. C., Singh, C. ve Singh, B. (2009). Effect of pretreatment conditions on physicochemical parameters of carrot juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 1–9. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01462.x

Singh, J., Singh, M., Bansal, V., SangwanRajender, S. ve Nayak, M. (2016). Potential of Pulsed Electric Field Treatment for the Food Industry. S. Lynch (Ed.), *Pulsed electric fields (PEF): technology, role in food science and emerging applications* içinde (ss. 159–188). Nova Science Publishers.

Singleton, V. ve Rossi, A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture* (C. 16). American

Society of Enologists. <http://www.ajevonline.org/content/16/3/144> adresinden erişildi.

Siricuratana, P., Iyer, M. M., Manns, D. C., Churey, J. J., Worobo, R. W. ve Padilla-Zakour, O. I. (2013). Shelf-Life Evaluation of Natural Antimicrobials for Concord and Niagara Grape Juices. *Journal of Food Protection*, 76(1), 72–78. doi:10.4315/0362-028X.JFP-12-144

Siwach, R. ve KumarKumar, M. (2012). Comparative study of thermosonication and thermal treatments on pectin methyl esterase inactivation in mosambi juice. *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences*, 31, 290–296.

Spanos, G. A. ve Wrolstad, R. E. (1990). Influence of variety, maturity, processing and storage on the phenolic composition of pear juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(3), 817–824. doi:10.1021/jf00093a049

Stalmach, A., Edwards, C. A., Wightman, J. D. ve Crozier, A. (2011). Identification of (Poly)phenolic Compounds in Concord Grape Juice and Their Metabolites in Human Plasma and Urine after Juice Consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9512–9522. doi:10.1021/jf2015039

Stark, J. (2003). Natamycin: an effective fungicide for food and beverages. S. Roller (Ed.), *Natural Antimicrobials for the Minimal Processing of Foods* içinde (ss. 82–97). Elsevier. doi:10.1533/9781855737037.82

Tao, Y., Li, Y., Zhao, Y., Lv, F. ve Han, Y. (2016). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from byproducts of fruit beverage industry (PDF Download Available). J. Martín, García Francisco (Ed.), *Applications of Ultrasound in the Beverage Industry* içinde (ss. 33–56). New york: Nova Science Publishers.

Tao, Y. ve Sun, D.-W. (2015). Enhancement of Food Processes by Ultrasound: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 570–594. doi:10.1080/10408398.2012.667849

Tao, Y., Sun, D.-W., Hogan, E. ve Kelly, A. L. (2014). High-Pressure Processing of Foods: An Overview. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* içinde (Second Edition., ss. 3–24). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-411479-1.00001-2

Terefe, N. S., Gamage, M., Vilku, K., Simons, L., Mawson, R. ve Versteeg, C. (2009). The kinetics of inactivation of pectin methylesterase and polygalacturonase in tomato juice by thermosonication. *Food Chemistry*, 117(1), 20–27. doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.067

Thomas, L. V. ve J. Delves-Broughton. (2001). Applications of the natural food preservative natamycin. *Advances in Food Research*, 2, 1–10.

Tiwari, B. K. ve Mason, T. J. (2012). Ultrasound Processing of Fluid Foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods* içinde (ss. 135–165). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-381470-8.00006-2

Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P. ve Cullen, P. J. (2008). Effects of Sonication on the Kinetics of Orange Juice Quality Parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2423–2428. doi:10.1021/jf073503y

Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P. ve Cullen, P. J. (2009a). Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 166–171. doi:10.1016/J.JFOODENG.2009.01.027

Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P. ve Cullen, P. J. (2009b). Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trends in Food Science & Technology*, 20(3–4), 137–145. doi:10.1016/J.TIFS.2009.01.058

Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Patras, A., Brunton, N. ve Cullen, P. J. (2009). Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. *European Food Research and Technology*, 228(5), 717–724. doi:10.1007/s00217-008-0982-z

- Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Patras, A. ve Cullen, P. J. (2008). Anthocyanin and Ascorbic Acid Degradation in Sonicated Strawberry Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10071–10077. doi:10.1021/jf801824v
- Tiwari, B. K., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P. J. ve O'Donnell, C. P. (2010). Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(3), 598–604. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2009.10.009
- Toepfl, S., Siemer, C., Saldaña-Navarro, G. ve Heinz, V. (2014). Overview of Pulsed Electric Fields Processing for Food. D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing* içinde (2nd Edition., ss. 93–114). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-411479-1.00006-1
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M. D. R. ve Ponce, A. (2017). Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), e12533. doi:10.1111/jfpe.12533
- Torley, P. J. ve Bhandari, B. R. (2007). Ultrasound in Food Processing and Preservation. S. Rahman (Ed.), *Handbook of food preservation* içinde (Second Edi., s. 713). USA: CRC Press.
- Tremarin, A., Brandão, T. R. S. ve Silva, C. L. M. (2017). Application of ultraviolet radiation and ultrasound treatments for *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores inactivation in apple juice. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 138–142. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.039
- Tsiraki, M. I. ve Savvaidis, I. N. (2014). Citrus extract or natamycin treatments on “Tzatziki” – A traditional Greek salad. *Food Chemistry*, 142, 416–422. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2013.07.087
- Ture, H., Eroglu, E., Ozen, B. ve Soyer, F. (2011). Effect of biopolymers containing natamycin against *Aspergillus niger* and *Penicillium roquefortii* on fresh kashar cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(1), 154–160. doi:10.1111/j.1365-2621.2010.02465.x
- Turfan, Ö., Türkyilmaz, M., Yemİş, O. ve Özkan, M. (2012). Effects of Clarification and Storage on Anthocyanins and Color of Pomegranate Juice Concentrates. *Journal of Food Quality*, 35(4), 272–282. doi:10.1111/j.1745-4557.2012.00451.x
- Ulusoy, K. ve Karakaya, M. (2011). Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı. *Gıda*, 36(2), 113–120. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gidader/article/viewFile/5000097595/5000090918> adresinden erişildi.
- Urošević, T., Povrenović, D., Vukosavljević, P., Urošević, I. ve Stevanović, S. (2017). Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices. *Food and Bioprocess Processing*, 106, 147–161. doi:10.1016/J.FBP.2017.09.009
- Vajnhandl, S. ve Majcen Le Marechal, A. (2005). Ultrasound in textile dyeing and the decolouration/mineralization of textile dyes. *Dyes and Pigments*, 65(2), 89–101. doi:10.1016/J.DYEPIG.2004.06.012
- Valdramidis, V. P., Cullen, P. J., Tiwari, B. K. ve O'Donnell, C. P. (2010). Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 449–454. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.08.025
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Muñoz, N., Martí, N. ve Lizama, V. (2007). Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 509–516. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.06.009
- Vallverdú-Queralt, A., Odriozola-Serrano, I., Oms-Oliu, G., Lamuela-Raventós, R. M., Elez-Martínez, P. ve Martín-Belloso, O. (2013). Impact of high-intensity pulsed electric fields on carotenoids profile of tomato juice made of moderate-intensity pulsed electric field-treated tomatoes. *Food Chemistry*, 141(3), 3131–3138. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.150

- Varela-Santos, E., Ochoa-Martinez, A., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J. E., Pérez-Won, M., Briones-Labarca, V. ve Morales-Castro, J. (2012). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 13–22. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856411001408> adresinden erişildi.
- Vega-Mercado, H., Martín-Belloso, O., Qin, B.-L., Chang, F. J., Marcela Góngora-Nieto, M., Barbosa-Cánovas, G. V. ve Swanson, B. G. (1997). Non-thermal food preservation: Pulsed electric fields. *Trends in Food Science & Technology*, 8(5), 151–157. doi:10.1016/S0924-2244(97)01016-9
- Villamiel, M., Gamboa, J., Soria, A. C., Riera, E., García-Pérez, J. V. ve Montilla, A. (2015). Impact of Power Ultrasound on the Quality of Fruits and Vegetables During Dehydration. *Physica Procedia*, 70, 828–832. doi:10.1016/j.phpro.2015.08.169
- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Lyng, J. G. ve Morgan, D. J. (2009). Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields. *Food and Bioproducts Processing*, 87(2), 102–107. doi:10.1016/j.fbp.2008.08.001
- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Lyng, J. G. ve Morgan, D. J. (2010). Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. *LWT - Food Science and Technology*, 43(7), 1067–1073. doi:10.1016/J.LWT.2010.02.010
- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Riener, J., Cronin, D. A., Lyng, J. G. ve Morgan, D. J. (2009). The Impact of Thermosonication and Pulsed Electric Fields on *Staphylococcus aureus* Inactivation and Selected Quality Parameters in Orange Juice. *Food and Bioprocess Technology*, 2(4), 422–430. doi:10.1007/s11947-007-0045-7
- Wang, C. ve Zuo, Y. (2011). Ultrasound-assisted hydrolysis and gas chromatography–mass spectrometric determination of phenolic compounds in cranberry products. *Food Chemistry*, 128(2), 562–568. doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.066
- Wang, L., Kim, D. ve Lee, C. (2000). Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(9), 4227–32. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10995342> adresinden erişildi.
- Weiss, J., Gulseren, I. ve Kjartansson, G. (2011). Physicochemical Effects of High-Intensity Ultrasonication on Food Proteins and Carbohydrates. D. Barbosa- Canovas, G.V., Bermudez-Aguirre (Ed.), *Nonthermal Processing Technologies for Food* içinde (ss. 109–134). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. doi:10.1002/9780470958360.ch9
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. ve Van Kan, J. A. L. (2007). Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), 561–580. doi:10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x
- Wong, E., Vaillant, F. ve Pérez, A. (2010). Osmosonication of Blackberry Juice: Impact on Selected Pathogens, Spoilage Microorganisms, and Main Quality Parameters. *Journal of Food Science*, 75(7), M468–M474. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01730.x
- Wordon, B. A., Mortimer, B. ve McMaster, L. D. (2012). Comparative real-time analysis of *Saccharomyces cerevisiae* cell viability, injury and death induced by ultrasound (20kHz) and heat for the application of hurdle technology. *Food Research International*, 47(2), 134–139. doi:10.1016/j.foodres.2011.04.038
- Wright, K. C., Kim, H. S., Cho, D. J., Rabinovich, A., Fridman, A. ve Cho, Y. I. (2014). New fouling prevention method using a plasma gliding arc for produced water treatment. *Desalination*, 345, 64–71. doi:10.1016/J.DESAL.2014.04.022
- Wrolstad, R. E., Durst, R. W. ve Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 423–428.

doi:10.1016/J.TIFS.2005.03.019

Wu, H., Hulbert, G. ve Mount, J. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1(3), 211–218. doi:10.1016/S1466-8564(00)00020-5

Wu, J., Gamage, T. V., Vilku, K. S., Simons, L. K. ve Mawson, R. (2008). Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 186–195. doi:10.1016/j.ifset.2007.07.007

Wu, T., Yu, X., Hu, A., Zhang, L., Jin, Y. ve Abid, M. (2015). Ultrasonic disruption of yeast cells: Underlying mechanism and effects of processing parameters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 28, 59–65. doi:10.1016/J.IFSET.2015.01.005

Xiouras, C., Fytopoulos, A., Jordens, J., Boudouvis, A. G., Van Gerven, T. ve Stefanidis, G. D. (2018). Applications of ultrasound to chiral crystallization, resolution and deracemization. *Ultrasonics Sonochemistry*, 43, 184–192. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2018.01.014

Yangılar, F. ve Oğuzhan, P. (2013). Plazma Teknolojilerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı | Yangılar | GIDA /THE JOURNAL OF FOOD. *Gıda/The Journal of Food*, 38(3), 183–189. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gidader/article/view/5000098015> adresinden erişildi.

Yeoh, W. K. ve Ali, A. (2017). Ultrasound treatment on phenolic metabolism and antioxidant capacity of fresh-cut pineapple during cold storage. *Food Chemistry*, 216, 247–253. doi:10.1016/j.foodchem.2016.07.074

Yiğiter, B. (2013). *Natamisin turuncgillerde küflenmeye karşı kullanılması*. Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Yıkımsı, S. (2013). *Meyve sularında titreşimli elektrik alanında muamele ile küf gelişiminin engellenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Yusuf, M. (2014). Natural Antimicrobial Agents for Food Biopreservation. A. M. Grumezescu ve A. M. Holban (Ed.), *Food Packaging and Preservation* içinde . Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-811516-9.00012-9

Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J. ve Alanís-García, E. (2013). Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1283–1288. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2013.01.021

Zenker, M., Heinz, V. ve Knorr, D. (2003). Application of Ultrasound-Assisted Thermal Processing for Preservation and Quality Retention of Liquid Foods. *Journal of Food Protection*, 66(9), 1642–1649. doi:10.4315/0362-028X-66.9.1642

Zhang, L., Jin, Y., Xie, Y., Wu, X. ve Wu, T. (2014). Releasing polysaccharide and protein from yeast cells by ultrasound: Selectivity and effects of processing parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(2), 576–581. doi:10.1016/J.ULTSONCH.2013.10.016

Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Zhao, F., Sun, Z. ve Liao, X. (2016). Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 135–144. doi:10.1016/j.ifset.2015.10.012

Zhao, S., Yang, Z., Zhang, L., Luo, N. ve Li, X. (2018). Effect of combined static magnetic field and cold water shock treatment on the physicochemical properties of cucumbers. *Journal of Food Engineering*, 217, 24–33. doi:10.1016/J.JFOODENG.2017.08.011

Zhishen, J., Mengcheng, T. ve Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555–559. doi:10.1016/S0308-8146(98)00102-2

Zhu, J., Wang, Y., Li, X., Li, B., Liu, S., Chang, N., ... Meng, X. (2017). Combined effect of ultrasound, heat, and pressure on *Escherichia coli* O157:H7, polyphenol oxidase activity, and anthocyanins in blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 251–259. doi:10.1016/j.ultsonch.2017.01.017

Zinoviadou, K. G., Galanakis, C. M., Brnčić, M., Grimi, N., Boussetta, N., Mota, M. J., ... Barba, F. J. (2015). Fruit juice sonication: Implications on food safety and physicochemical and nutritional properties. *Food Research International*, 77, 743–752. doi:10.1016/J.FOODRES.2015.05.032



FORMLAR

Panelistin Adı-Soyadı:						Tarih:
Ürün:						Saat:
Açıklama : Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 5 puan üzerinden değerlendiriniz.						
Renk	Ürün Kodu	Çok iyi (5)	İyi (4)	Orta (3)	Kötü (2)	Çok Kötü (1)
		Kendine has renkte ve renk homojen dağılmış	Kabul edilebilir renkte ve renklerin dağılımı düzenli	Renk dağılımı yer yer düzensiz	Koyu renkli ve düzensiz renk dağılımı	Koyu renkli ,mat ve çizgili görünümde
	A					
	B					
	C					
Kıvam	Ürün Kodu	Çok iyi (5)	İyi (4)	Orta (3)	Kötü (2)	Çok Kötü (1)
		Kıvam çok iyi ve homojen	Kıvam iyi ve homojen dağılmış	Kıvam orta düzeyde	kıvam kötü ve homojen değil	Kıvam çok kötü
	A					
	B					
	C					
Koku	Ürün Kodu	Çok iyi (5)	İyi (4)	Orta (3)	Kötü (2)	Çok Kötü (1)
		Güçlü, belirgin kokusu	Belirgin kokusu	Kokusu hissedilebilir düzeyde	İstenilmeyen koku	Belirgin yabancı ve kötü koku
	A					
	B					
	C					
Tat	Ürün Kodu	Çok iyi (5)	İyi (4)	Orta (3)	Kötü (2)	Çok Kötü (1)
		Güçlü, kendine özgü,karakteristik tadı	Kendine özgü,belirgin tadı	Hafif hissedilebilir tad	Yabancı lezzet ve yavan tat	Kabul edilemez düzeyde rahatsız edici yabancı tat ve yavanlıkta
	A					
	B					
	C					
Genel Kabul	Ürün Kodu	Çok iyi (5)	İyi (4)	Orta (3)	Kötü (2)	Çok Kötü (1)
		Çok beğendim	Biraz beğendim	Ne beğendim ne beğenmedim	Az beğendim	Hiç beğenmedim
	A					
	B					
	C					
D						
Saat 10:00- 11:00 veya 15:00-16:00 arasında yapılmalıdır. Panelistlere 20 derecede su verilir. Homojen bir şekilde uygulama yapılmalıdır.						

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	SEYDİ	Soyadı	YIKMIŞ
Doğ.Yeri	ADİYAMAN/BESNİ	Doğ.Tar.	1982
Uyruğu	T.C	TC Kim No	
Email	syikmis@nku.edu.tr	Tel	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora	İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ	2013-2018
Yük.Lis.	SÜLEYMANDEMİREL ÜNİVERSİTESİ- GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI	2011-2013
Lisans	İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ- GIDA MÜHENDİSLİĞİ	2001-2005
Lise		

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1. ÖĞR. GÖR.	TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ	2017-
2. ÖĞR. GÖR.	İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ	2013-2017
MÜHENDİSLİK- 3. YÖNETİCİLİK- DANIŞMANLIK	ÖZEL FİRMALAR	2005-2013

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
LES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Özel İlgi Alanları (Hobileri):

