

ULTRASONİKASYONUN ELMA SUYUNDA
BAZI KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERE
ETKİSİNİN YÜZEY CEVAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Muhammed YILMAZ

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS DERECEŚİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE
GETİREREK JÜRİ ONAYINA SUNULAN YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2014

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

.....
Prof. Dr. Yaşar DÜRÜST
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

.....
Prof. Dr. Ömer ZORBA
Bölüm Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

.....
Doç.Dr. Hande SELEN ERGE
Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

1- Prof. Dr. Feryal KARADENİZ

2- Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR

3- Doç. Dr. Hande SELEN ERGE

ÖZET

ULTRASONİKASYONUN ELMA SUYUNDA BAZI KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN YÜZEY CEVAP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Muhammed YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hande Selen ERGE

Haziran 2014, 108 Sayfa

Bu çalışmada, ultrasonikasyonun elma suyunda bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklere etkisi yüzey cevap yöntemi ile belirlenmiştir. Ultrasonikasyon, elma suyuna farklı genlik seviyelerinde (% 40-100), sıcaklıklarda (30°-60 °C) ve 2-15 dakika aralığındaki sürelerde 20 kHz sabit frekansta uygulanmıştır.

Esmerleşme indeksi ($P<0.01$), bulanıklık değeri ($P<0.05$) ve toplam fenolik madde ($P<0.05$) değişimleri için karesel model önemli bulunmuştur. Aynı model, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* ve maya-küf inaktivasyonu için de belirlenmiştir. L^* , a^* ve h değerlerinin değişimi için karesel model belirlenmiş olup, diğer taraftan, b^* ve C değerleri için 2FI modeli belirlenmiştir.

Sonuçlar; dalga genliği, sıcaklık ve sürenin pH, °Bx ve titrasyon asitliği üzerine önemli etkisi olmadığını göstermiştir. Dalga genliğinin esmerleşme indeksine etkisi önemli bulunmamıştır ($P<0.05$). Esmerleşme indeksinin artan sıcaklık ile arttığı; fakat artan süre ile azaldığı gözlenmiştir. Ultrasonikasyon uygulama süresi, bulanıklık değeri üzerine önemli etkide bulunmuştur ($p<0.05$), süre artışına bağlı olarak bulanıklığın azaldığı belirlenmiştir. Dalga genliği ve sıcaklık, bulanıklığa etki etmemiştir. Elma suyunda toplam fenolik bileşiklerde sıcaklık artışına bağlı olarak önemli bir artış belirlenmiştir. Genlik değerinin, tüm görsel renk değerlerinde bir etkisi olmamıştır. Sıcaklık ve süre arttıkça L^* değerinde önemli bir artış belirlenmiştir. Ultrasonikasyon genlik değerinin önemli etkisi sadece *Listeria monocytogenes* inaktivasyonu için saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonikasyon, elma suyu, esmerleşme indeksi, bulanıklık değeri, toplam fenolik madde, mikrobiyel inaktivasyon, yüzey cevap yöntemi

ABSTRACT

DETERMINATION OF EFFECTIVENESS OF ULTRASONICATION ON SOME CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF APPLE JUICE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

YILMAZ, Muhammed

M.Sc. Thesis, Abant Izzet Baysal University

Food Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hande Selen ERGE

June, 2014, 108 Pages

In this study, effect of ultrasonication on some chemical and microbiological properties of apple juice was determined by response surface methodology. Ultrasonication was treated to apple juice at varying amplitude levels (40-100 %), temperatures (30-60 °C) and treatment times of 2-15 minutes at a constant frequency of 20 kHz.

A quadratic model for the changes of browning index ($P < 0.01$), cloud value ($P < 0.05$) and total phenolics ($P < 0.05$) was found significant. The same model was also determined for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*, yeast and mould. The quadratic model was determined for the variation of L^* , a^* and h values. On the other hand, 2FI model was found for the b^* and C values.

The results showed that amplitude, temperature and time had no significant effect on pH, °Bx and titratable acidity. The effect of amplitude on browning index did not found significant ($P > 0.05$). It was observed browning index increased with increasing temperature, but decreased with increasing treatment time. The treatment time of ultrasonication had a significant effect on the level of cloud value, a decrease in the cloud value was obtained as the time increased ($p < 0.05$). There is no effect of amplitude level and temperature on cloud value. A significant increase in total phenolics in apple juice was observed as the temperature increased. Amplitude level had no effect on all the visual colour values. Significant increase in L^* value was observed as the temperature and time increased. A significant effect of amplitude level of ultrasonication was only found for the inactivation of *Listeria monocytogenes*.

Key Words: Ultrasound, apple juice, browning index, cloud value, total phenolics, microbial inactivation, response surface methodology

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca, ilgisini ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hande Selen Erge'ye,

İstatistiksel analizlerde desteğini esirgemeyen Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Seda Karasu Yalçın'a,

Mikrobiyolojik analizlerde kültürlerin temininde ve aktifleştirmesinde yardımlarını esirgemeyen Uzman Fatih İşleyen'e,

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan elma suyu temininde yardımcı olan Dimes Anonim Şirketine,

Yüksek lisans tez çalışmalarımı yürütmemde gerekli yardımı gösteren Düzce İl Özel İdaresi Genel Sekreter Yardımcısı Sayın Selim METİN'e,

Tez çalışmalarım boyunca yoğun ve stresli dönemlerde beni motive eden dostlarıma,

Doğduğum günden bu yana maddi ve manevi desteğini bir an bile esirgemeyen Anneme, Babama ve Kardeşlerime,

Teşekkürlerimi Sunarım

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
EKLER DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Ultrasonikasyon (Ultrasen Dalgası) Tanımı	3
2.2. Ultrasonikasyon Uygulamasında Kaviteasyon Mekanizması	4
2.2.1. Akışkan Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kaviteasyon Oluşumu	4
2.2.1.1 Homojen Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kaviteasyon Oluşumu	6

2.2.2. Katı-Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kavitasyon Oluşumu	6
2.2.3. Sıvı-Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kavitasyon Oluşumu	7
2.3. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulaması ve Önemi	7
2.4. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulama Alanları	10
2.4.1. Ekstraksiyon	10
2.4.2. Filtasyon	11
2.4.3. Köpük Giderme	13
2.4.4. Degazing ve Deaerasyon	14
2.4.5. Depolimerizasyon	15
2.4.6. Pişirme	16
2.4.7. Gıdaların Kesilmesi	17
2.4.8. Dondurma ve Kristalleştirme	18
2.4.9. Buz Çözdürme ve Eritme	19
2.4.10. Kurutma	19
2.4.11. Etin Yumuşatılması	20
2.4.12. Tuzlama	21
2.4.13. Emülsiyon ve Homojenizasyon	22
2.4.14. Ultrasonikasyon İle Temizlik	23

2.4.15. Gıdalarda Diğer Ultrasonikasyon Uygulamaları	24
2.5. Sterilizasyon ve Pastörizasyon	24
2.5.1. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Mikroorganizmalar Üzerine Etki Mekanizması	25
2.5.2. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Enzim İnaktivasyonuna Etkisi	27
2.5.3. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Spor İnaktivasyonuna Etkisi	28
2.6. Meyve Sularında Ultrasonikasyon Uygulamaları	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	34
3.1. Materyal	34
3.2. Deney Tasarımının Oluşturulması	34
3.3. Kimyasal Analizler	35
3.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini	35
3.3.2 pH Tayini	35
3.3.3 Titrasyon Asitliği Tayini	35
3.3.4. Görsel Renk Tayini.....	35
3.3.5. Toplam Fenolik Madde Tayini	36
3.3.6. Bulanıklık Tayini	36
3.3.7. Esmerleşme İndeksi Tayini	36

3.4. Mikrobiyolojik Analizler	37
3.4.1. Besiyerleri	37
3.4.2. Fizyolojik Tuzlu Su	37
3.4.3. Mikroorganizma	37
3.4.3.1. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 Analizi	37
3.4.3.2. <i>Listeria monocytogenes</i> Analizi	38
3.4.3.3. <i>Salmonella</i> Typhimurium Analizi	38
3.4.3.4. Maya-Küf Analizi	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunun çözünür kuru madde miktarı (°Bx), pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi	39
4.2. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda esmerleşme indeksi üzerine etkisi	39
4.3. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda toplam fenolik madde üzerine etkisi	44
4.4. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi	48
4.5. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu L* değeri üzerine etkisi	52

4.6. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu a* değeri üzerine etkisi	57
4.7. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu b* değeri üzerine etkisi	62
4.8. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu C* değeri üzerine etkisi	66
4.9. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu h* değerine etkisi.....	70
4.10. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisi	74
4.11. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda <i>Salmonella</i> Typhimurium inaktivasyonuna etkisi	78
4.12. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisi	83
4.13. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi	88
5. SONUÇLAR	93
KAYNAKLAR	95
EKLER.....	103
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ultrases Dalgası Aralığı	3
Şekil 2.2. Kavitasyon mekanizması	5
Şekil 2.3. Kavitasyon Mekanizması	5
Şekil 2.4. Elmada Bulunan Fenolik Bileşenler	8
Şekil 2.5. Ultrasonikasyon İle Filtrasyon	12
Şekil 2.6. Ultrasonikasyon İle Köpük Giderme	14
Şekil 2.7. Ultrasonikasyon İle Kesme	17
Şekil 2.8. Ultrasonikasyon ile Emülsifikasyon	22
Şekil 2.9. Ultrasonikasyonun Yağ Homojenizasyona Etkisi	23
Şekil 3.1. Kateşin Standart Eğrisi	36
Şekil 4.1. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi	42
Şekil 4.2. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi	43
Şekil 4.3. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi	43
Şekil 4.4. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi	46

Şekil 4.5. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi	47
Şekil 4.6. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi	47
Şekil 4.7. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi	50
Şekil 4.8. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda bulanık üzerine etkisi	50
Şekil 4.9. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi	51
Şekil 4.10. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda L^* değerine etkisi	54
Şekil 4.11. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda L^* değerine etkisi	55
Şekil 4.12. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda L^* değerine etkisi	56
Şekil 4.13. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda a^* değerine etkisi	59
Şekil 4.14. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda a^* değerine etkisi	60
Şekil 4.15. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda a^* değerine etkisi	61
Şekil 4.16. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda b^* değerine etkisi	64
Şekil 4.17. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda b^* değerine etkisi	64
Şekil 4.18. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda b^* değerine etkisi	65
Şekil 4.19. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda C^* değerine etkisi	67

Şekil 4.20. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda C* değerine etkisi	68
Şekil 4.21. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda C* değerine etkisi	69
Şekil 4.22. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda h* değerine etkisi	72
Şekil 4.23. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda h* değerine etkisi	73
Şekil 4.24. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda h* değerine etkisi	73
Şekil 4.25. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisi	76
Şekil 4.26. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisi	77
Şekil 4.27. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisi	77
Şekil 4.28. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda <i>Salmonella</i> Typhimurium inaktivasyonuna etkisi	80
Şekil 4.29. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Salmonella</i> Typhimurium inaktivasyonuna etkisi	81
Şekil 4.30. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda <i>Salmonella</i> Typhimurium inaktivasyonuna etkisi	82
Şekil 4.31. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisi	85
Şekil 4.32. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisi	86

Şekil 4.33. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisi	87
Şekil 4.34. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi	91
Şekil 4.35. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi	91
Şekil 4.36. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.2. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları.....	44
Çizelge 4.3. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	48
Çizelge 4.4. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda L* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	52
Çizelge 4.5. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda a* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	57
Çizelge 4.6. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda b* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	62
Çizelge 4.7. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda C* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.8. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda h* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.9. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	74

Çizelge 4.10. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Salmonella</i> Typhimurium inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	78
Çizelge 4.11. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	83
Çizelge 4.12. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	88

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	Ultrasonikasyon Süresi
B	Ultrasonikasyon Sıcaklığı
C	Ultrasonik Genlik
AB	Ultrasonikasyon Süresi ve Ultrasonikasyon Sıcaklığı Etkileşimi
AC	Ultrasonikasyon Süresi ve Ultrasonik Genlik Etkileşimi
BC	Ultrasonikasyon Sıcaklığı ve Ultrasonik Genlik Etkileşimi
P	Anlamlılık Düzeyi
R²	Determinasyon Belirtme Katsayısı
F	F değeri

Kısaltmalar

MS	Manosonikasyon
TS	Termosonikasyon
MTS	Manotermosonikasyon
Khz	Kilohertz (Bir saniyede bin titreşimi olan elektromanyetik dalga boyu ölçüsü birimi)
UV	Ultraviyole
kPa	Kilopaskal
GC	Gaz Kromatografisi
MS	Kütle Spektrofotometresi
S.D.	Karelerin Toplamı
K.O	Kareler Ortalama

EKLER DİZİNİ

Ek-1 Elma Suyunda Ultrasonikasyon Uygulamasında Kullanılan Cihaz	103
Ek-2 Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda ⁰ Bx, pH ve titrasyon asitliğine etkisi	104
Ek-3 Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksi, toplam fenolik madde miktarı ve bulanıklık üzerine etkisi	105
Ek-4 Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda renk değerlerine (L*, a*, b*, C, h) etkisi	106
Ek-5 Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda <i>Esherichia coli</i> O157:H7, <i>Listeria monocytogens</i> , <i>Salmonella</i> Typhimurium ve maya-küf inaktivasyonuna etkisi	107

1. GİRİŞ

Gıdaların işlenmesi, uzun süreli muhafazaları için eskiden beri uygulanan bir yöntemdir. Bilindiği üzere; ısıtma işlemi, hem mikroorganizmaların hem de enzimlerin inaktivasyonunda kullanılmaktadır. Ancak; etkinliğinin sıcaklık ve süreye bağlı olması; gıdalarda besin kaybına, istenmeyen lezzet ile renk oluşumuna ve gıdaların duyu özelliklerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda ısıtma işleminin kullanılmadığı yeni teknolojiler; koruyucu kullanımını sınırlaması, düşük enerji tüketimi sağlama, güvenilirliğinin yüksek olması ile besin değerlerini ve duyu özellikleri koruması bakımından giderek ilgi çekmektedir.

Günümüzde süpermarketlerde giderek yaygın hale gelen işlenmiş gıdalar, daha çok geleneksel yöntemlerle üretilen gıdalar olup; son yıllarda imalat, işleme ve paketleme teknolojilerinde önemli adımlar atılmaktadır. Bu teknolojilerin başlıca hedefleri gıdaların işleme süresini kısaltmak, enerjiden tasarruf etmek ve gıda ürünlerinin raf ömürleri ile kalitelerini artırmaktır. Mikrodalga ısıtma, vakumlu soğutma, yüksek basınç, darbeli elektrik alan teknolojileri kaliteli ve güvenli gıda üretiminde kullanılan yeni teknolojiler arasında sayılmaktadır. Ancak, yüksek yatırım masrafları, işlem koşullarının kontrol altına alınamaması ve tüketicilerin kabulü ile ilgili mevcut kısıtlamalar bu teknolojilerin endüstriyel ölçekte yaygın şekilde uygulanmasını geciktirmiştir. Son yıllarda gıda endüstrisinde; ultrason, birçok araştırmaya konu olmaktadır. Ultrason, işletmelerde pratik ve güvenilir olmasından dolayı ilgi görmektedir. Ayrıca, yeni ve çevreci teknoloji olarak ortaya çıkması dikkatlerin ultrasona yönelmesini sağlamıştır (Chemat ve ark., 2013). Düşük ve yüksek

yoğunluklu ultrason dalgalarının hücreleri parçalayarak enzimlerin yapısını değiştirdiği kanıtlanmıştır. Ultrasonikasyon, ılımlı ısıtma koşullarında gıdanın mikrobiyel yükünü de düşürmekte, ısıl işlemin hem süresini hem de yoğunluğunu azaltarak sıcaklık kaynaklı olumsuzlukları gidermektedir. Ultrasonun, ısıl işleme kıyasla avantajları arasında lezzet kaybının önlenmesi ve enerji tasarrufunun sağlanması yer almaktadır (Chemat ve ark., 2011).

Ultrasonikasyon, son yıllarda çeşitli meyve sularının duyusal ve mikrobiyel kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu meyve suları arasında elma suyu da yer almaktadır. Ancak; ultrasonikasyonun elma suyunun esmerleşme düzeyine, bulanıklığına, toplam fenolik madde miktarına ve görsel renk değerlerine etkisinin yüzey cevap yöntemi ile belirlenmesine yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır.

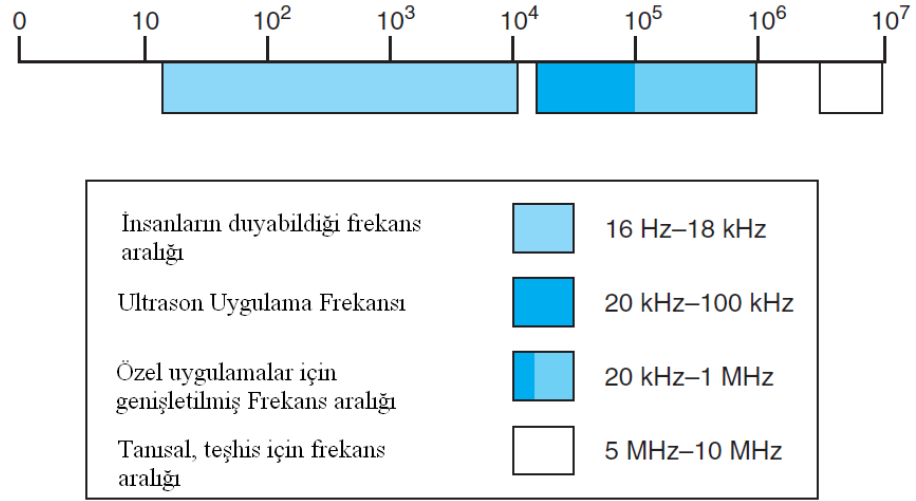
Bu nedenle bu çalışmada; farklı dalga boyu genliklerinde (% 40, % 70, % 100), farklı sıcaklıklarda (30°, 45°, 60 °C) ve farklı sürelerde (2, 8.5, 15 dakika) uygulanan ultrasonikasyonun pastörize edilmemiş elma suyunun bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla; ultrasonikasyon uygulanan pastörize edilmemiş elma suyunda esmerleşme indeksi, bulanıklık ve görsel renk değerleri (L*, a*, b*, C* ve h) ile toplam fenolik madde miktarındaki değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Ultrasonikasyonun, mikrobiyel açıdan etkinliğinin belirlenmesi amacıyla da elma suyuna inokulasyonu yapılan *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium ve inokulasyonu yapılmadan maya-küf inaktivasyon düzeyi saptanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ultrasonikasyon (Ultrases Dalgası) Tanımı

Balinadan ve yarasadan gelen ultrases dalgalarının, sırasıyla yön bulmada ve avcılıkta kullanıldığı bilinmektedir. Ultrases dalgası, insan kulağının işitme sınırlarını aşan bir frekansa (~ 20 kHz) sahip ses dalgası olarak tanımlanmaktadır.

Ultrases dalgası sağlayan cihazlar, genellikle 20 kHz ile 10 MHz aralığında kullanılmaktadır (Şekil 2.1) (Knorr ve ark., 2011).

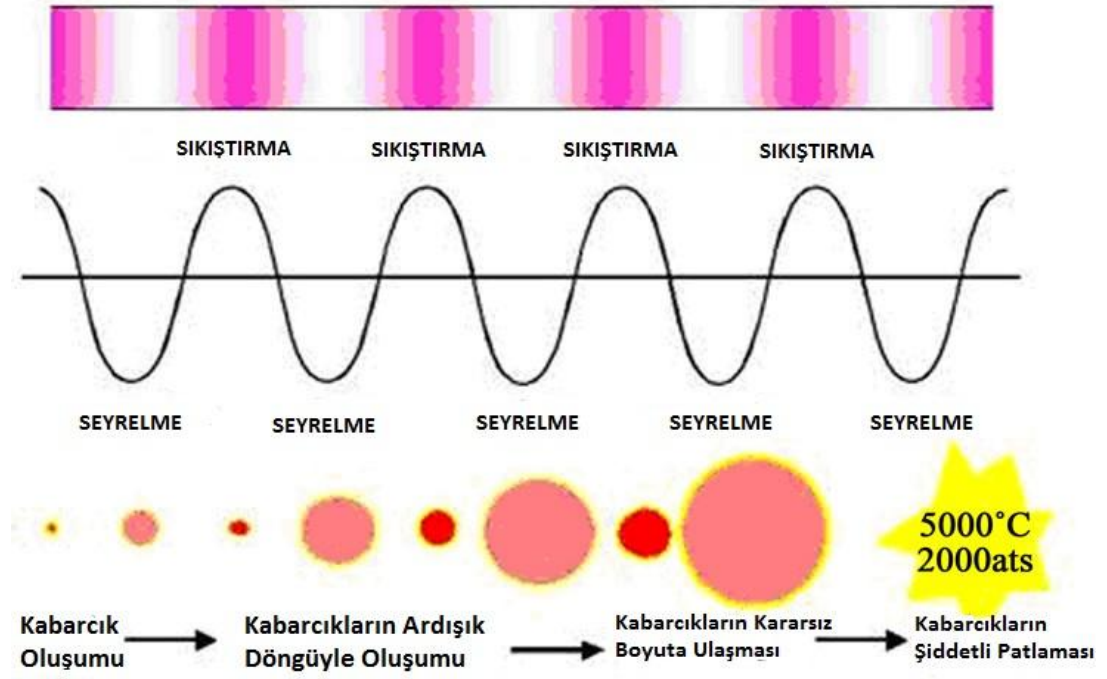


Şekil 2.1. Ultrases Dalgası Aralığı (Sun, 2005)

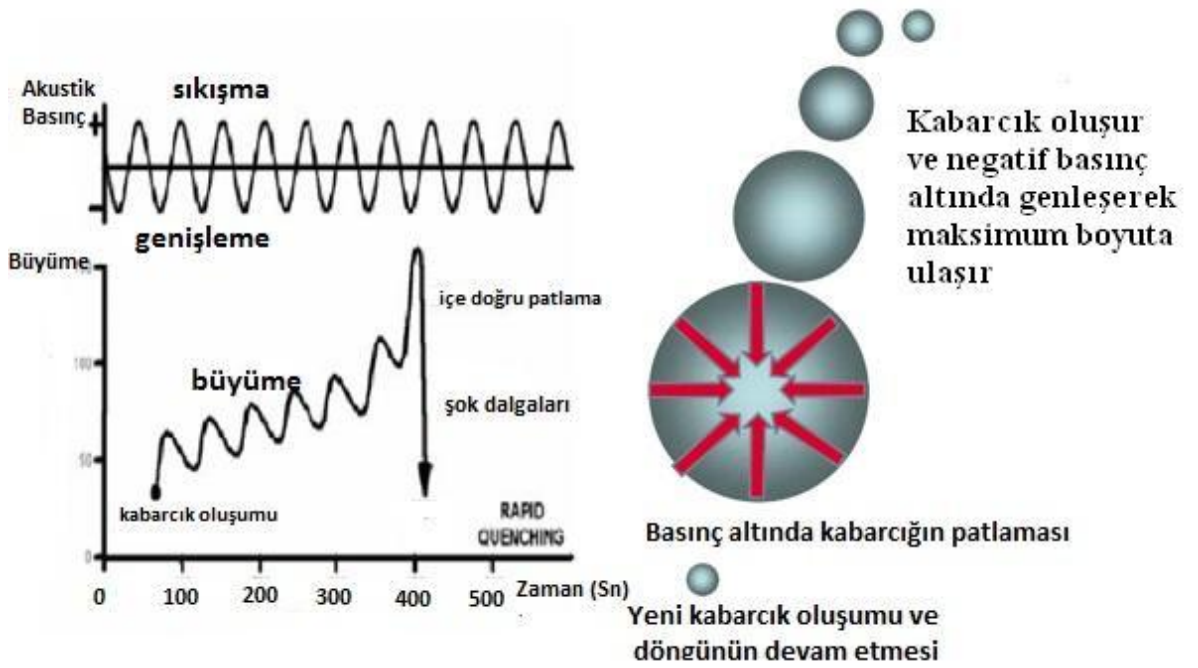
2.2. Ultrasonikasyon Uygulamasında Kaviteasyon Mekanizması

2.2.1. Akışkan Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kaviteasyon Oluşumu

Ultrasonun mekanik etkisi, kaviteasyon oluşumuna neden olan ultrason gücüne bağlıdır. Ultra ses dalgaları, herhangi bir ses dalgası gibi içinden geçtiği ortamın moleküllerinde bir dizi sıkıştırma ve seyrelme dalgaları ile çoğalmaktadır. Yüksek güç uygulandığında seyrelme döngüsü, sıvının moleküllerinin çekme kuvvetlerini aşarak kaviteasyon kabarcıklarının oluşumunu sağlamaktadır (Şekil 2.2) (Mason ve ark., 2005). Bu kabarcıklar, büyüyerek ortamdaki buhar ya da gazları içlerine hapsetmektedir. Sıvı boyunca dağılan kabarcıklar, uygulanan frekans ile büyümektedir. Bir kaviteasyon sıvısı içinde binlerce kabarcık olduğundan her bir kabarcığı etkileyen akustik alan eş olmamaktadır. Her bir kabarcık, komşu kabarcığın bulunduğu alanı etkilemektedir. Bu şartlar altında düzensiz olan kaviteasyon kabarcığı patlamaktadır (Şekil 2.3). Bu patlama, kimyasal ve fiziksel etkiler için gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Örneğin; 20 kHz'lik ultrasonik frekanstaki sulu sistemlerde her bir kaviteasyon kabarcığının patlaması, yaklaşık 4000 K civarında ısı ve 1000 atmosferi aşkın basınç oluşumuna neden olan sıcak noktalar oluşturmaktadır. Bu kabarcık patlaması, sistem içinde çeşitli etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Mason ve ark., 2005).



Şekil 2.2. Kaviteasyon Mekanizması (Armioun, 2010)



Şekil 2.3. Kaviteasyon Mekanizması (Armioun, 2010)

2.2.1.1. Homojen Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kavitasyon Oluşumu

Homojen sıvı bir sistemde; kavitasyon sonucu oluşan kabarcığın ani patlaması, kesme kuvveti gibi mekanik etki yaratabilmektedir. Kabarcık patlaması sonucu oluşan aşırı sıcaklık ve basınç etkisinin sıvı içerisinde bulunan herhangi bir canlı türüne etkisi ise ultrasonun etkisini tanımlamaktadır. Bir sıvıda kavitasyonun oluşması için hava kabarcığının bulunmaması gerekmektedir. Çünkü; hava kabarcıklarının akustik enerjiyi emdiği ve sonikasyonu azalttığı ileri sürülmektedir (Mason ve ark., 2005). Kavitasyon kabarcığı vakum içermez. Ancak, sıvı ortamda bulunan buhar, kabarcık içine girmektedir. Kabarcık patlaması sonucunda buhar aşırı derecede yüksek sıcaklık ve basınç artışı ile birlikte moleküler parçalanmaya neden olmaktadır. Ortamda su bulunduğunda, oluşan sıcaklık ve basınç oksijen ile hidrojen bağının kopmasını sağlayarak küçük miktarlarda oksijen gazı ve hidrojen peroksit oluşumuna neden olmaktadır (Mason ve ark., 2005).

2.2.2. Katı-Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kavitasyon Oluşumu

Katı-sıvı faz sistemlerinde ultrason etkisi ile oluşan baloncukların patlaması sıvı fazın katı faz yani yüzey üzerine yüksek basınçlı püskürtmeye eşdeğer bir şekilde akmasına neden olmaktadır. Bu etki, ultrasonun temizlik için kullanılmasını sağlamaktadır (Mason ve ark., 2005).

Kavitasyon aynı zamanda bir sıvı içinde asılı duran tozlar üzerine de etki etmektedir. Sıvı içindeki partikülün yanında kavitasyon kabarcığının patlaması, onu hızlı bir harekete zorlayarak partikülün parçalanmasına neden olmaktadır (Mason ve ark., 2005).

2.2.3. Sıvı-Sıvı Faz Sistemlerde Ultrasonikasyon Uygulaması ve Kavitasyon Oluşumu

Bir sıvı-sıvı ara yüzünde ya da bu ara yüze yakın bir yerde kavitasyonun genel mekanik etkisi, çok etkin bir emülsifikasyon ve homojen yapı oluşumuna neden olmaktadır (Mason ve ark., 2005).

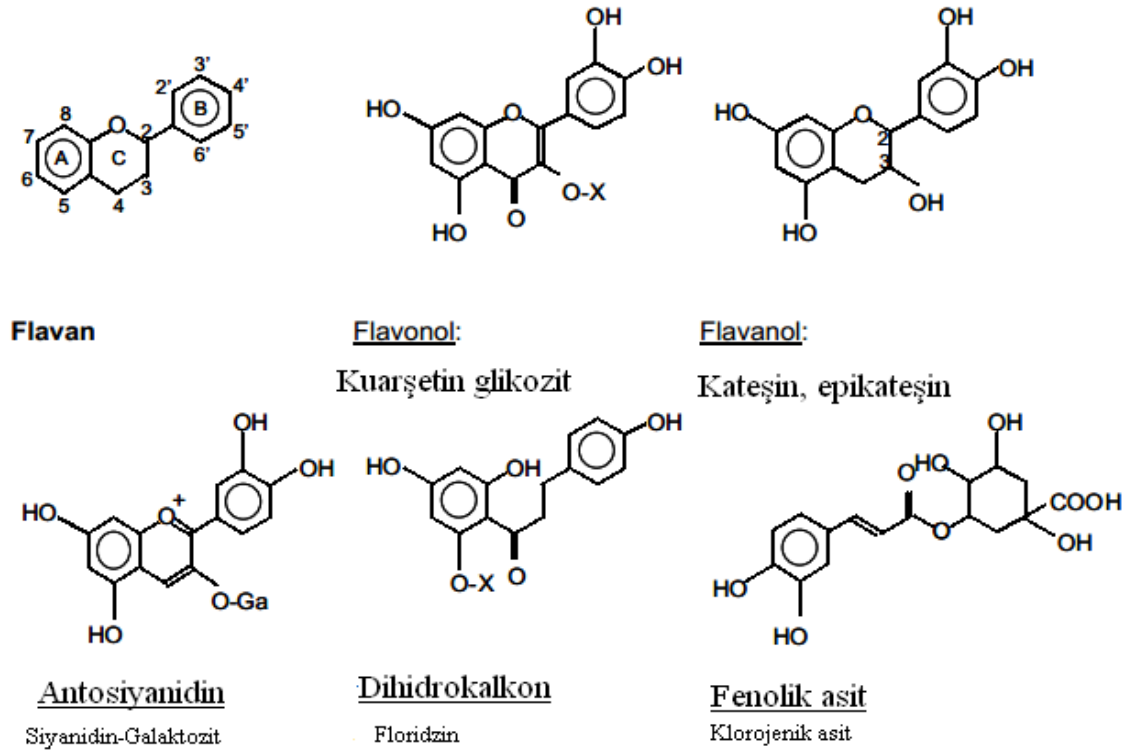
2.3. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulaması ve Önemi

Meyve ve sebzelerin kanser ve kalp rahatsızlığı gibi çeşitli hastalıkların oluşmasının önlenmesinde etkili olduğu bilinmektedir (Bezzano ve ark., 2003, Hansen ve ark. 2003, Wang ve ark. 2011). Meyve suları da fitokimyasal bileşikler içermekte ve tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Fitokimyasal bileşikler; kalp-damar, diyabet ve bağışıklık sistemi hastalıklarından korunmada önemli rol oynamaktadır (Abid ve ark., 2013).

Rosecea familyasında bulunan elma, besin değeri yüksek meyvelerden biridir. Elma ve elma suları, fenolik asitler gibi antioksidan özellikteki bileşikler bakımından zengin ürünlerdir. Bu bileşenler; kalp-damar, diyabet ve bağışıklık sistemi hastalıklarından korunmada önemli rol oynamaktadır (Abid ve ark., 2013).

Elma ve elma sularının da, fenolik asitler gibi antioksidan özellikteki bileşikler bakımından zengin ürünler olduğu bilinmektedir. Elma; kateşin, epikateşin, floridzin, kuersetin, siyanidin, siyanidin-3-O-galaktozit, klorojenik asit ve hidroksi sinamat gibi çeşitli fenolik bileşenleri içermektedir (Şekil 2.4) (Francini ve Sebastiani, 2013). Francini ve Sebastiani tarafından 2013 yılında yapılan bir araştırmada; dört elma türünün (Rome Beauty, Idared, Cortland ve Golden Delicious) etli kısmı ve kabuğunda toplam fenolik madde, flavonoid madde ve antosiyanin içerikleri belirlenmiştir. Elma kabuğunda toplam fenolik madde miktarı, Idared (588.9 mg

gallik asit/100g) ve Rome Beauty (500 mg gallik asit/100g) çeşitlerinde en yüksek düzeyde bulunmuştur. Aynı meyvelerin etli kısmında ise sırasıyla 75.7 mg/100g ve 93.0 mg/100g tespit edilmiştir. Idared türündeki elmanın kabuğunda 303.2 mg kateşin/100 g flavonoid madde bulunduğu ve bu değerin etli kısma kıyasla altı kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Antosiyanin miktarı, Golden Delicious elma çeşidinde eser miktarda saptanırken, Idared çeşidindeki elmanın kabuğunda 26.8 mg siyanidin-3-glukosid/100 g düzeyinde bulunmuştur. Elma tohumunun da polifenol bileşikler bakımından zengin olduğu kanıtlanmıştır.



Şekil 2.4. Elmada Bulunan Fenolik Bileşenler (Van der Sluis, 2005)

Birçok gıdada olduğu gibi meyve suyu raf ömrünün korunmasında konvensiyonel ısı işlem uygulanmaktadır. Ancak, tüketiciler minimum işlem görmüş ve doğal olarak işlenmiş besin değeri yüksek gıdaları tercih ettiklerinden ısı işlem gerekmeyen teknolojilere eğilim artmıştır. Amerikan Gıda ve İlaç Komisyonu (FDA),

üreticilerden bitmiş üründe patojen sayısında 5 logaritmik düzeyde bir azalma olmasını istemektedir. Bu kural, ısıtma işlemi gerektirmeyen yeni işlemlerin ortaya çıkmasını teşvik etmiştir. Isıtma işlemi olmayan teknolojiler; orta derecede etkili olan veya ölümcül etki yaratmayan sıcaklıklardaki koruyucu tekniklerdir.

Böylelikle, gıdanın besin değeri ve kalite parametrelerinde meydana gelen negatif ısıtma etkileri minimuma indirgenmektedir (Tiwari ve ark., 2009). Isıtma işlemi gerektirmeyen teknikler arasında yüksek hidrostatik basınç, yüksek voltaj vurgulu elektrik alan (PEF), ultraviyole (UV) ışın, elektrik ya da magnetik alan, mikrodalga radyasyon, iyonize radyasyon ve ultrasonik dalga uygulamaları yer almaktadır (Valero ve ark., 2007, Tiwari ve ark., 2009). Ultrases dalgası işlemi, 3 gruba ayrılmaktadır. Bu uygulamalar; ultrases dalgası (sonikasyon) ile birlikte basıncın uygulandığı manosonikasyon; ultrasonik dalga ile birlikte ısıtmanın uygulandığı termosonikasyon; ultrasonik dalga, basınç ve ısıtmanın uygulandığı manotermosonikasyon olarak adlandırılmaktadır (Chemat ve ark., 2011). Özellikle termosonikasyon, ısıtma işlemi iyi bir alternatif olarak görülmektedir. Sonikasyonun gıdadaki biyoaktif bileşik stabilitesi ve mikrobiyel inaktivasyon için etkili olduğu bildirilmektedir. İşlem süresinin kısalması, yüksek verim eldesi ve düşük enerji tüketimi bu uygulamanın avantajları arasında yer almaktadır.

Yüksek güçteki ses dalgası, sıvıya yayıldığında basınç değişiminden kaynaklı kaviteasyon kabarcıkları oluşmaktadır. Bu kabarcıklar, ses dalgası dairelerinde bir süre ilerledikten sonra patlamakta ve 5000 K'a kadar yüksek bölgesel sıcaklık ve 5000 kPa'a kadar yüksek bölgesel basınç oluşturmaktadır. Bu durum, ultrases dalgasının mikrobiyel inaktivasyonunu açıklayan başlıca etkidir. Bununla birlikte ortamda bulunan suyun, ultra ses dalgası etkisi ile hidrojen ve hidroksil radikallerine dönüşebileceği belirtilmektedir. Bu radikallerin de mikroorganizmaların hücre

duvarına etki ederek hücrenin dağılmasına neden olduğu ileri sürülmektedir (Tiwari ve Mason, 2012). Yani; ultra ses dalgası uygulamasının kaviteasyon oluşumu gibi fiziksel; serbest radikal oluşumu bakımından ise kimyasal etkilerden kaynaklandığı bildirilmektedir (Valdramidis ve ark., 2010).

2.4. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulama Alanları

2.4.1. Ekstraksiyon

Günümüzde, solvent ekstraksiyonunda kullanılan kimyasalların zararlı etkileri ve ayrıca yöntemlerdeki yetersizlikler, farklı ekstraksiyon uygulamalarına ilgiyi artırmıştır. Bu uygulamalar arasında mikrodalgayla ekstraksiyon, süper kritik akışkan ekstraksiyonu, ultrasonla ekstraksiyon gibi daha az çözücü madde ve enerji kullanan ekstraksiyon teknikleri yer almaktadır (Chemat ve ark., 2011).

Ultrases dalgaları, yayılması için esnek bir ortamı gerekli kılan mekanik dalgalardır. Ses ile ultrason arasındaki fark, dalgaların frekanslarıdır. Ses dalgaları, kulakla duyulabilen frekanslara (16 Hz ile 16-20 kHz), ultrason dalgaları ise mikrodalga frekanslarına (20 kHz ile 10 MHz) sahiptir. Ses dalgaları, esnek bir cisimden geçerken parçacıklarda boylamasına kaymaya neden olmaktadır. Aslında ses dalgası, cismin yüzeyinde bir piston şeklinde hareket etmektedir.

Ultrases dalgası uygulandığında sıvı içerisinde kabarcık oluşumuna neden olmaktadır. Bu kabarcıkların boyutu kritik bir noktaya ulaştığında patlamakta ve yüksek miktarda enerji açığa çıkarmaktadır. Patlama sonrasında sıcaklık ile basıncın oda sıcaklığındaki ultrason banyosunda sırasıyla 5000 K ile 2000 atmosfer değerlerine kadar çıkabileceği ileri sürülmektedir. Bu kabarcıkların katı bir maddenin yüzeyinde patlaması halinde oluşan yüksek basınç ve sıcaklık, mikro jetleri ortaya çıkarmaktadır. Bu mikro jetler, metal yüzeyler üzerindeki ultrason etkisinden

sorumludur. Gıda endüstrisindeki diğer bir mikro jet uygulaması da bitkisel bileşenlerin ekstraksiyonudur. Kabarcıkların patlamasıyla oluşan yüksek basınç ve sıcaklık, bitki matrisinin hücre duvarı içeriğini tahrip etmekte ve içeriğin açığa çıkmasını sağlamaktadır.

Ultrason, çözücü ile bitki arasındaki kütle transferini artırarak ekstraksiyon işlemini kolaylaştırmaktadır. Kabarcıkların patlaması, katı bir yüzeyin yakınında asimetrik şekilde patlayan kabarcıklar nedeniyle mikro jet oluşumu aracılığıyla hücrenin parçalanmasını sağlamaktadır. Çözücünün, bitkiye girişi sağlanarak hücre duvarlarının yıkımı sağlanmaktadır.

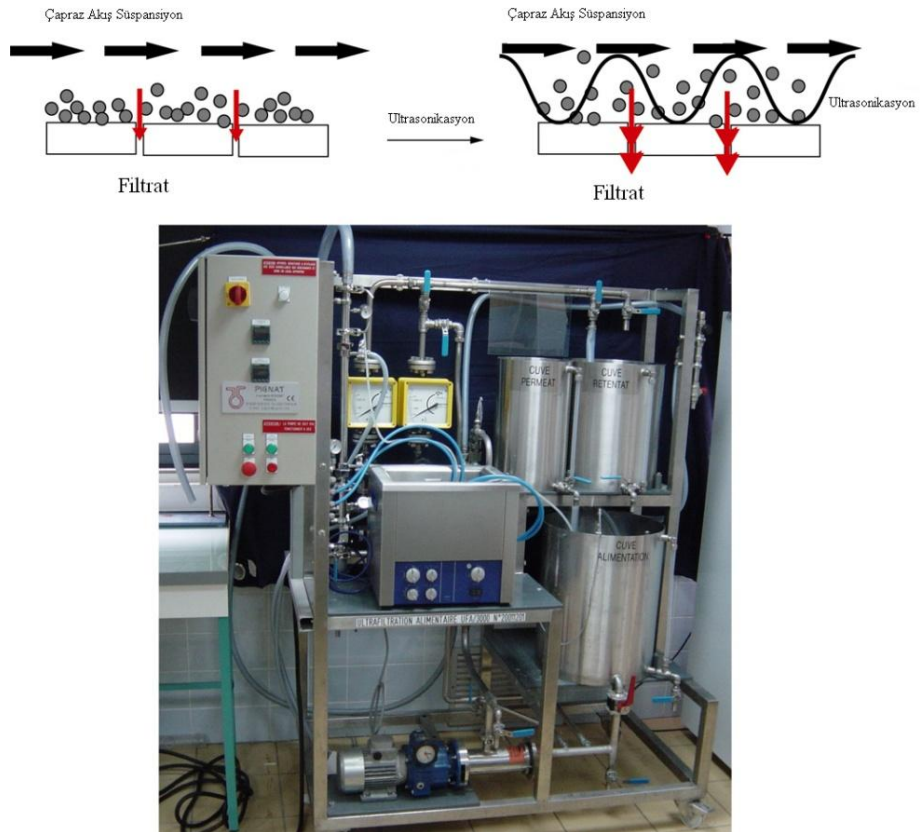
Sonuç olarak bitki ekstraksiyonun da ultrasonun kullanımı; kütle aktarımında artışı, daha fazla çözücü madde girişini, ekstraksiyonun düşük sıcaklıklarda ve daha hızlı yapılmasını sağlamaktadır. Örneğin; Herrera ve arkadaşları (2005), yaptıkları bir araştırmada çilekten fenolik bileşiklerin ultrasonik ekstraksiyonla 2 dakika içerisinde elde edilebildiğini, buna karşın klasik yöntemlerle 20 saat ve süper kritik akışkan ekstraksiyonuyla 3 saat sürdüğünü göstermiştir.

2.4.2. Filtrasyon

Gıda endüstrisinde filtrasyon, yani katı maddelerin sıvılardan ayrılması, birçok üretimde yapılması gerekli işlemler arasında yer almaktadır. Ancak katı maddelerin, filtrasyonun zarı yüzeyinde birikmesi gıda üretiminde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Ultrason enerjisi uygulaması, zar yüzeyindeki yoğunlaşma polarizasyonunu ve kalıp tabakasını kırarak zarın yapısal geçirgenliğini etkilemeden akışı artırabilmektedir (Kyhöllen ve ark., 2005).

Ultrason destekli filtrasyon ya da akustik filtrasyon, çoğunlukla işlenmesi zor sayılan atık suların filtrasyonunda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (De-Sarabia ve ark., 2000; Smythe ve ark., 2000; Kyhøllen ve ark., 2005).

Bununla birlikte filtreler zarar gelmesini önlemek için ultrason yoğunluğunun en iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir (Wen ve ark., 2008). Ultrason, aynı zamanda meyve ekstraktları ile içecek üretiminde de uygulanabilmektedir. Ultrasonun membran filtrasyonu ile kullanılması da ayrıca araştırılmış ve pozitif sonuçlar elde edilmiştir (Kyøllen ve ark., 2005; Muthukumaran ve ark., 2005). Bu noktada peynir altı suyundaki çözeltileri filtre etmeye yardımcı olabilmek adına düşük güç seviyelerinde ultrason uygulamasından yararlanılmıştır.



Şekil 2.5. Ultrasonikasyon İle Filtrasyon (Chemat ve ark., 2011)

Ultrasonun filtrenin tıkanmasını önlemesi sebebiyle akış hızını artırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, filtrenin ultrasonla birleşmesi, sürekli kavitasyon oluşumu filtre yüzeyinde tıkanmayı ve yapışmayı önlediğinden filtre ömrü artmaktadır (Grossner ve ark., 2005). Yukarıda tanımlanan etkenlerin tamamı filtrasyon işlemini ticari hale dönüştürmek açısından önem taşır ve çeşitli şirketlerde mevcut (titreşimli) eleklerle bir eklenti şeklinde ultrasonla filtrasyon sistemleri sunmaktadır (Chemat ve ark., 2013).

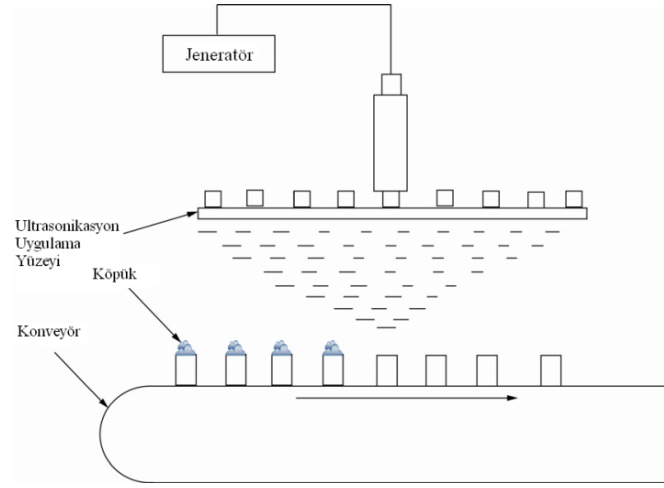
2.4.3. Köpük Giderme

Gazın sıvı halde dağılmasıyla oluşan köpüklenme, endüstride teknolojik donanımların etkin kullanımını azaltmak, biyoteknolojik işlemlerde sterilitiyi bozmak, üründe kayba neden olmak ve çevreyi kirletmek gibi olumsuz sonuçlar oluşturmaktadır.

Gıda üretiminde köpük, sıcaklığın düşürülmesiyle veya kimyasal köpük gidericilerin eklenmesiyle kontrol edilmektedir (Morey ve ark., 1999; Mason 2005). Ancak, mekanik yöntemlerin sadece kalın köpükler için etkili olması, köpük giderici maddelerin yüzey geriliminde artışa neden olması gibi sorunlar oluşabilmektedir.

Köpük gidermede ses enerjisinin kullanımı, son yıllarda dikkat çekmiş ancak endüstride uygulamaya geçilememiştir. Ses enerjisi, çeşitli türlerdeki aerodinamik ve akustik kaynaklara dayalıdır ancak yüksek enerji tüketimi gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Yüksek yoğunluklu ultrasonik dalgalar, özellikle steril koşulların sağlandığı kapalı ortamlarda kullanılabildiğinden gıda ve ilaç sektöründe kolaylıkla uygulanabilmektedir (Gallego-Juarez ve ark., 2002).

Yüksek hızda şişeleme ile gazlı içecek kutulama hatlarında ortaya çıkan aşırı köpüklenme miktarını kontrol edebilmek için başarılı bir şekilde uygulanan ultrasonik bir sistemin geliştirildiği bildirilmektedir (De-Sarabia ve ark., 2006). Bu sistemde, elektronik kontrol edilen bir dönüş sistemi üzerine ultrason yayıcı monte edilmiştir. Ultrasonik güç, köpük giderme bölgesini kapsayarak dönüş yapmaktadır. Akustik dalgalara maruz kalan köpüklerin kolaylıkla kırıldığı belirtilmektedir. İyi bir köpük giderme işleminde akustik yoğunluğun önem taşıdığı ve uygulama süresinin de kısa olması gerektiği vurgulanmaktadır (Rodriguez ve ark., 2010).



Şekil 2.6. Ultrasonikasyon İle Köpük Giderme (Chemat ve ark., 2011)

2.4.4. Degazing ve Daearasyon

Genellikle sıvılar; çözülmüş oksijen, karbondioksit ve azot gibi gazları karışık şekilde içerebilmektedir. Sıvıdan gazın alınmasında yaygın olarak kaynatma ve basınç azaltma gibi yöntemler uygulanmaktadır. Ancak, ultrason uygulayarak da gazların sıvıdan ayrılabilirdiği belirtilmektedir. Sıvıya ultrason uygulandığında gaz kabarcıklarının, akustik dalgalarla bir araya geldiğinde titreştiği ve bu etki ile yüzeye çıkarken genişlediği aktarılmaktadır (Laborde ve ark., 1998; Tervo ve ark., 2006). Gıda endüstrisinde; bira gibi içecekleri gazdan arındırmak için şişeleme işleminden önce bu teknikten yararlanılabilmektedir (Brown ve Goodman, 1965). Burada amaç, hem bakterilerin hem de çeşitli bileşiklerin oksijen ile temasının önlenmesi için

havanın sıvıdan ayrılmasını sağlamaktır. Bu işlem; güç çeviricinin şişenin dışına bağlanarak gazdan arındırma sürecini kapsamaktadır (Boistier-Marquis ve ark., 1999). Sake bira ve şarabın mayalanması sırasında düşük yoğunlukta ultrason uygulamasının zamandan % 36-50 düzeyinde bir tasarruf sağladığı bildirilmektedir (Matsuura ve ark., 1994). Ultrason ile gazdan arındırma işlemi, özellikle su gibi akışkan ürünlerde kolaylıkla sağlanırken erimiş çikolata gibi akışmaz sıvılarda zorluk yaratmaktadır.

2.4.5. Depolimerizasyon

Polimer parçalanması, bilinen en eski ultrason uygulamalarındandır (Schmid ve Rommel, 1939). Polimer parçalanmasının, boşluk oluşumu etkisi ile ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Ultrason etkisi ile oluşan baloncukların yüksek enerjili hidroksil radikallerinin oluşumuna neden olduğu ve polimerlerin bu radikallerle reaksiyona girmesi sonucu parçalandığı belirtilmektedir (Grönroos ve ark., 2004).

Gıda endüstrisinde ultrason, nişasta gibi polimerlerin parçalanmasında kullanılan bir yöntemdir (Zuo ve ark., 2009). Bu tür araştırmalar, 1933 yılına kadar uzanmaktadır (Szent-Gyorgy, 1933). Sonikasyon; genellikle polimerlerde etkili bir parçalanma sağlamaktadır ve bu parçalanma 20 kHz'de çalışan basit sonikasyon uçları ile sağlanmaktadır. Böylece sonikasyon, çözünürlükte artışa neden olmakta ve ayrıca peynir altı suyu proteinlerinin köpürme gibi özelliklerini geliştirebilmektedir (Jambrak ve ark., 2009; Jambrak ve ark., 2008). Düşük güç seviyesinde ultrason uygulaması polimer sıvıların akışkanlığında geçici olarak düşüşe neden olurken yüksek güç seviyesinde polimer parçalanması ile birlikte akışkanlıkta kalıcı değişimler meydana getirmektedir (Lida ve ark., 2008; Seshadri ve ark., 2003). Uygulanan ultrason frekansı, gücü, sıcaklık, işlem süresi ve gıda işlemedeki diğer

parametrelerin ürün kalitesi üzerine etkili olduğu bildirilmektedir (Jambrak ve ark.,2010).

Ultrasonikasyon, karbonhidratlar gibi polimerlerin düşük moleköl ağırlıklı ve kullanışlı bileşiklere dönüşümleri için önemli bir potansiyel sunmaktadır (Kardos ve Luche, 2001).

2.4.6. Pişirme

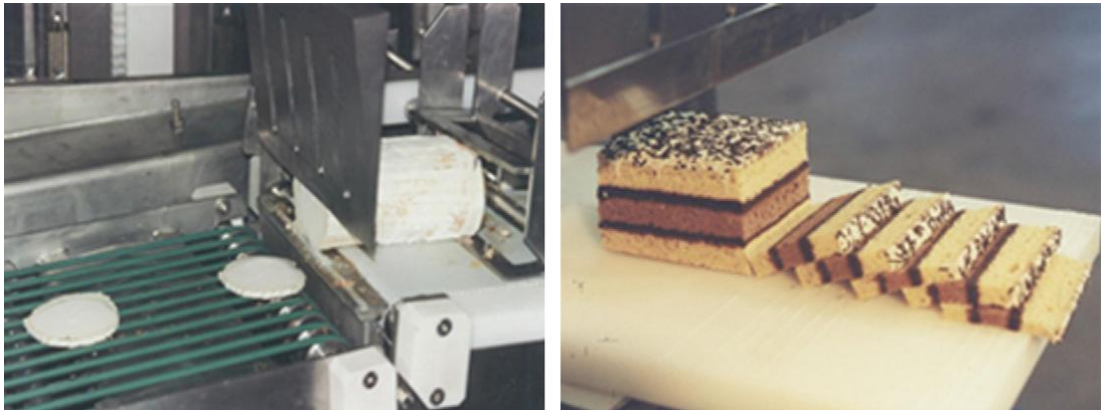
Gıdalar, geleneksel pişirme yönteminde yüksek ısıya maruz bırakıldıklarında dış yüzeyleri aşırı pişerken iç kısımlar pişmeden kalabilmektedir. Bu durum ürün kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Ultrason, bu gibi sorunları ortadan kaldırmakta ve ısı aktarımını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle; gıdaların pişirilmesinde kullanılabilmektedir (Hausgereta, 1978). Bir eti pişirmek için pişirme süresindeki mikrodalga farklılıklarından yararlanma gibi klasik ısıtma tekniklerinden ziyade bir takım tekniklerin kullanılmasına karşın sonuçta ortaya çıkan gereksiz enerji tüketimiyle birlikte etin lezzeti de tek bir tekniğin yaygın bir şekilde uygulanmasının önünde engeller bulunduğu kanıtlanmıştır. Ultrason, etin ısı aktarımı aracılığıyla pişirilmesiyle kıyaslanmıştır (Pohlman ve ark., 1997).

Ultrason; pişirmeyi hızlandırmakta, nemin daha fazla tutulmasını sağlamakta ve enerjinin tasarrufunu sağlamaktadır. Ultrasonun, doku özelliklerini olumlu etkilemesi, hızlı bir yöntem olması açısından etin pişirilmesinde kullanılabileceği ileri sürülmektedir. Duyusal değerlendirme sonuçları, yoğun ultrason uygulamasının ette su bağlama kapasitesini artırdığını göstermektedir (McClements, 1995). Ultrasonun et pişirmedeki diğer bir avantajı pişme kayıplarını azaltmasıdır. Ultrasonun daha çok, önceden pişirilmiş nemli etler üzerine etkili olacağı ileri sürülmektedir.

2.4.7. Gıdaların Kesilmesi

Gıdaların kesilmesinde ultrasonun uygulanması, gıdalarda işlem performansını artırmaktadır. Ultrasonla gıdaların kesilmesi veya dilimlenmesi; üretimi kolaylaştırmakta, ürün kayıplarını ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır. Ultrasonla kesme işlemi, bir mil ile ultrason kaynağına bağlanan bir bıçak ağzından oluşmaktadır (Rawson, 1988). Ultrasonik titreşimler ile kesmeyi yapmak, geleneksel kesme teknikleri ile yarışmaktadır. Ultrasonla kesme işleminin sağlanması için düşük enerji gerekmektedir (Schneider ve ark., 2008; Schneider ve ark., 2009). Ultrasonla kesme etkinliği, gıdanın türüne ve ortam koşullarına bağlıdır (Brown ve ark., 2005). Ultrason ile kesme işleminin en yaygın kullanıldığı ürünler arasında kek, pasta ve unlu mamuller ile peynir ve yapışkan özellikteki yağlı ürünler yer almaktadır (Arnold ve ark., 2009)

Ultrasonikasyon ile kesme işleminin diğer bir özelliği titreşimler nedeniyle bıçağın kendiliğinden temizlenmesinin sağlanmasıdır. Ayrıca; titreşim, ürünün bıçak üzerine yapışmasını engellemekte ve yüzeyde mikroorganizma oluşumunu azaltarak hijyeni sağlamaktadır.



Şekil 2.7. Ultrasonikasyon İle Kesme (Chemat ve ark., 2011)

2.4.8. Dondurma ve Kristalleştirme

Dondurma ile kristalleştirme birbiri ile bağlantılı tanımlardır ve her iki aşamada da çekirdeklenme önem taşımaktadır (Sanz ve ark., 1997). Sonikasyonun, dondurma işleminde yüksek miktarda uygulanmasının hem çekirdeklenme hızını hem de kristal gelişimini artırdığı düşünülmektedir. Bunun nedeni, sonikasyon ile oluşan boşlukların madde içinde kristal oluşumunu engellemesine ve çekirdeklenmeyi artırmasına dayandırılmaktadır.

Dondurma ve/veya soğutma, eskiden beri gıdaların muhafazasında uygulanan yöntemdir. Gıda içerisindeki suyun donması sırasında buz kristallerinin ortaya çıkması, dondurma işleminde oldukça önemli bir konudur. Tek tip olmayan kristal oluşumu, gıda maddesinin yapısını ve duyu kalitesini bozmaktadır. Bu nedenle; geleneksel dondurma yöntemi ile birlikte akışkan yataklı dondurma, yüksek basınçlı dondurma gibi bazı yenilikçi teknolojilerin kullanımı gündeme gelmiştir. Bu teknolojilerin birlikte kullanılması sektörde oldukça yaygındır (Lakshmisha ve ark, 2008; Norton ve ark., 2009).

Ultrason etkisi altında geleneksel soğutma işlemi, ısı aktarımının artmasıyla daha hızlı gerçekleşmekte ve eşit çekirdeklenme sağlanmaktadır (Acton ve Morris, 1992). Bununla birlikte çok sayıda çekirdek bulunması buz kristallerinin küçük boyutta oluşmasını sağlamakta ve böylece hücrelerin zarar görmesi engellenmektedir (Sun ve Li, 2003). Isı aktarımı artırılarak hızlandırılmış soğutma elde edilir (Sun ve Li, 2002; Sun ve Li, 2003).

Ultrasonikasyon ile çok sayıda gıda, başarılı bir şekilde dondurulmaktadır (Zheng ve Sun, 2006; Delgado ve ark, 2008; Song ve ark., 2009). Araştırmalar; ultrasonun katkı maddelerinin ve ilaçların dondurulmasında da kullanılabileceğini göstermiştir.

Kristalleşme, sıcaklıkta veya basınçta hafif azalma olduğunda genellikle kontrol edilemeyen bir şekilde ortaya çıkabilmekte ve bu durum üretimde önemli sorunlara yol açabilmektedir (McCausland ve ark, 2001). Sonikasyonun, son yıllarda özellikle dondurma (Cox ve ark., 2002; Mortazavi ve Tabatabaie, 2008) üretiminde kullanımının yaygınlaştığı bildirilmektedir.

2.4.9. Buz Çözdürme ve Eritme

Dondurma, belirli gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmak için yaygın şekilde kullanılan bir yöntemdir. Ancak, başarısı çözülme koşullarına bağlıdır (Rouille, 2002). Dondurulmuş besin maddelerinin çözülmesi yavaş gerçekleşmektedir ve sanayide maliyetli sonuçlar doğurması nedeniyle gıda firmaları için uygun değildir. Dondurulmuş gıdaları çözmede akustik enerjiden yararlanma, yaklaşık 50 yıl önce gündeme gelmiş fakat bölgesel ısıtma ve yüksek güç gereksinimleri gibi nedenlerden dolayı bu yöntem gelişmemiştir (Brody ve Antenevich, 1959). Diğer taraftan, et ile balıktaki buzların eritilmesinde yaklaşık 500 kHz frekanstaki ultrasonun etkili olduğu kanıtlanmıştır (Miles ve ark., 1999). Eritme süresini kısaltması, sızma kaybını azaltması ve böylece ürün kalitesini artırması nedeniyle çözündürme işleminde ultrasonun ileriki yıllarda daha fazla kullanılacağı belirtilmektedir (Li ve Sun, 2002).

2.4.10. Kurutma

Ultrasonikasyon ile gıdaların kurutulması, uzun yıllardır ilgi çeken bir konu olmuştur (Boucher, 1959; Cohen ve Yang, 1995). Basınçlı sıcak hava ile gıda ürünlerinin kurutulması geleneksel bir yöntem olup oldukça ekonomiktir. Ancak, gıdanın yapısında bulunan suyun uzaklaştırılması uzun sürmektedir. Bununla birlikte; yüksek sıcaklık, gıdaların renginin, tadının ve besin değerinin değişmesine neden olabilmektedir (Fernandes ve ark., 2008).

Diğer kurutma sistemleri bu olumsuzlukları önleyebilmektedir ancak dondurarak kurutmada olduğu gibi maliyet artabilmekte ya da püskürtmeli kurutmada olduğu gibi sadece sıvı ya da yarı-katı ürünlerde kullanım olanağı bulabilmektedir. Bu nedenle, ultrasonikasyonun titreşim sağlayarak suyun yapıdan ayrılmasını kolaylaştırdığı ve diğer yöntemler gibi olumsuzluklara neden olmadığı aktarılmaktadır. Ultrasonikasyon ile ısı aktarımının % 30-60 düzeyinde arttığı bildirilmektedir (Gallego Juarez, 1998). Ultrasonikasyon ile kurutma, dikkat çekmeye devam etmektedir (Garcia-Perez, 2006). Ultrasonla kurutma teknolojisi su kaybını artırmak için daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilmektedir (Simal ve ark., 1997; Simal ve ark., 1998). Ultrasonik kurutmada düşük sıcaklık uygulaması ve işlem süresinin kısalığı un gibi gıdalarda nitelik, renk ve besin değerlerinin aynı kalmasını sağlamaktadır. Ultrasonik yöntemle kurutmanın peynir veya etin kurutulmasında daha etkili olduğu ileri sürülmektedir (Mulet ve ark., 2003).

Ultrasonun çeşitli sebzelerin kurutulmasından önceki işlemlerde de kullanıldığı bildirilmektedir (Jambrak ve ark.,2007). Böylece daha sonraki klasik ve dondurarak kurutmada sürenin kısalmasını sağladığı aktarılmaktadır.

2.4.11. Etin Yumuşatılması

Etin kalitesi; aromasına, lezzetine, görünümüne, yumuşaklığına ve sululuk miktarına bağlıdır. Tüketici tercihleri dikkate alındığında etin kalitesini belirlemede en önemli etkenin yumuşaklık olduğu belirlenmiştir (Smith ve ark., 1991). Zayıf kalitedeki bir etin daha lezzetli olması için uygulanan ezme işlemi, eti yumuşatmak için kullanılan geleneksel bir yöntem olarak bilinmektedir. Ultrasonikasyon ile de aynı etkinin sağlanabildiği ileri sürülmektedir. Ultrason, kas hücrelerinin bütünlüğünü kırarak veya enzim aktivitesini artırarak iki şekilde etki göstermektedir (Boister-Marquis ve ark. 1999). Bonfile et üzerine yapılan bir çalışmada (Roberts, 1991), et kası üzerine 2

W/cm² güç değerinde, 40 kHz frekansta, 2 saat boyunca uygulanan sonikasyonun bağ dokuya zarar vererek gıdanın yapısını geliştirdiği belirlenmiştir. Ultrasonla yumuşatma işleminin; tavuk eti ve dana etine uygulanabildiği belirtilmektedir (Pohlman ve ark., 1997).

Isı ve ultrasonun et sterilizasyonuna etkisi üzerine yapılan araştırmalarda; ultrasonun yan etki olarak eti yumuşattığını ortaya koymuştur (Pagan ve ark., 1999). Yüksek enerji seviyesinde ultrason kullanımının geleneksel ısıl işlem şiddetinde % 50 düzeyinde azalma sağladığı kanıtlanmıştır. Termosonikasyon veya manosonikasyon olarak bilinen ultrasonun ılımlı ısıtma işlemleri ile birlikte uygulanmasının gıdalarda mikroorganizmaların inkativasyon derecesini artırdığı aktarılmaktadır.

2.4.12. Tuzlama

Tuza yatırma; suyun, etten tuzlu suya veya tuzlu sudan ete geçtiği iki yönlü bir kütle aktarımı işlemidir. Domuz filetolarının 21 C’de 45 dakika boyunca doymuş NaCl zltisine daldırılıp farklı seviyelerde ultrason uygulandığı bir çalışmada; örneklerdeki su ve NaCl içeriğinin sonikasyon uygulanmayan örneklerle kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Carcel, 2007). Bununla birlikte, ultrasonun tuzlama süresini ve ette istenmeyen rengin oluşumunu azalttığı belirtilmektedir (Hatloe, 1995). Ultrasonikasyonun, aynı zamanda ürünün homojen bir şekilde tuzlanmasını sağladığı aktarılmaktadır.

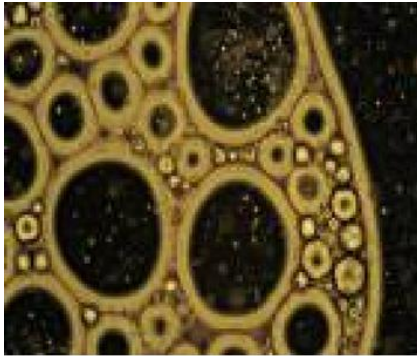
Çoğu peynir çeşidinin tuzlu suya daldırma yöntemi ile tuzlandığı bilinmektedir. Ayrıca; karıştırma işlemi, tuz konsantrasyonundaki değişim ve ortam sıcaklığı tuzlanma oranını artırmaktadır. Ancak, son yıllarda sonikasyon işleminin de peynirin tuzlanması üzerine olumlu etkide bulunduğu belirtilmektedir. Peynirin tuzlanması

sırasında uygulanan ultrasonun peynirden suyun çıkmasını kolaylaştırdığı ve tuzlanma oranını artırdığı belirlenmiştir (Sanchez ve ark., 1999).

2.4.13. Emülsiyon ve Homojenizasyon

Emülsiyon, suyu sevmeyen biyoaktif bileşenlerin çeşitli gıda ürünlerine verilmesinde önemli bir araçtır. Emülsiyonlar, mikro düzeyde parçacık boyutuna sahip kararlı yapıdaki ürünlerdir (Chendke, 1975). İyi bir emülsiyon için yüzey aktif maddeleri kullanılmaktadır. Ultrasonikasyon ile emülsiyon oluşumunda kullanılan enerjinin geleneksel yöntemlerle elde edilen emülsiyonlara kıyasla daha az olduğu belirtilmektedir.

Ultrasonla emülsiyon, gıda endüstrisinde özellikle meyve suları, mayonez ve ketçap gibi ürünlerde (Powey ve Mason, 1998), sütün homojenizasyonunda (Wu ve ark., 2000) ve aroma kaplanmasında ilgi çekmektedir (Mongenot ve ark., 2000). Ancak; yemeklik yağların ultrasonikasyon ile emülsiyonlarının kalitede bazı olumsuzluklara neden olduğu bildirilmektedir (Chemat F. ve ark., 2004).



Klasik Emülsiyon İle Yağ Moleküllerinin Dağılımı



Ultrasonikasyon Uygulaması İle Emülsiyon Uygulamasında Yağ Moleküllerinin Dağılımı

Şekil 2.8. Ultrasonikasyon ile Emülsifikasyon (Chemat ve ark., 2011)



Şekil 2.9. Ultrasonikasyonun Yağ Homojenizasyona Etkisi (Chemat ve ark., 2011)

2.4.14. Ultrasonikasyon ile Temizlik

Ultrasonun endüstriyel uygulamalarından bir tanesi yüzey temizliğidir ve oldukça verimli bir teknoloji olduğu kanıtlanmıştır. Ultrasonla temizlemenin avantajı, klasik temizleme yöntemleriyle kolaylıkla ulaşılamayan çatlaklara ultrases dalgası ile ulaşılabilmesidir. Ultrason ile temizlenebilen nesneler arasında, gıda paketlenme materyali, taşımada kullanılan büyük kasalar ile hassas cerrahi materyaller yer almaktadır (Boucher RMG, 1980). Ultrasonun kullanımı aynı sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemiyle bazı mantar, bakteri ve virüslerin daha az bir işlem süresinde inaktif edilmesine olanak sağlamaktadır. Gıda sektöründe bakterilerin çeşitli yüzeylerden temizlenmesi oldukça önemlidir ve biyosidal özellikteki deterjanlar kullanılarak sonikasyon işleminin sıcak suyla birlikte uygulanmasının etkin olduğu belirtilmektedir (Povey ve Mason, 1998).

Laboratuvarlarda yaygın şekilde kullanılan iki tür ultrason yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki; kullanımı kolay ve ekonomik olan ultrasonik su banyosudur. İkinci yöntem ise, ultrasonun farklı frekans ve genliklerde çeşitli gıdalara uygulanmasıdır. Bu şekilde ultrasonun uygulandığı gıdalarda hızlı sıcaklık artışına dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

2.4.15. Gıdalarda Diğer Ultrasonikasyon Uygulamaları

Düşük güçte ultrasonikasyon ile mayalama işleminin hızlandırıldığı ve bu şekilde gıda ürünlerinde potansiyel çeşitlilik elde edilebildiği bildirilmektedir (Chisti, 2003). Sıcaklık ve basınç ile suyun içinde serbest radikaller oluşmaktadır (McClements, 1995). Ultrason, şarap ve viski gibi alkollü içeceklerin fermentasyonundada kullanılmaktadır (Chang ve Chen, 2002). Aslında bu amaç doğrultusunda 20 kHz ile 80 kHz aralığında ultrasondan yararlanan bir cihazın patenti alınmıştır (Ho ve Chiu, 2008). Şarap üretiminde ultrasonun uygulanmasındaki amaç, meyvenin içeriğindeki pigment ve tanninlerin ürüne geçmesinin sağlanmasıdır. Ultrasonun diğer bir uygulamasına örnek olarak hamur mayalanması da verilebilmektedir. Bir çalışmada, ultrasonun hamurun dinlenme süresini kısalttığı aktarılmaktadır (Walter, 1990). Mekanik işlem sırasında hamurdaki mayalar, faaliyetlerinin azalmasına neden olan mekanik gerilmeye maruz kalmaktadır. Ultrasonun kullanılmasıyla, mayaya uygulanan gerilim ve basınç azalmakta ve böylece hamurun dinlenme süresi kısalmaktadır.

2.5. Sterilizasyon ve Pastörizasyon

Pastörizasyon ve sterilizasyon, gıda üretiminde mikroorganizma ve enzim faaliyetlerini inaktive etmek için günümüzde kullanılan en yaygın tekniklerdir. Ancak; işlem yoğunluğu, süresi ve sıcaklığına bağlı olarak besin maddesi kaybı, arzu edilmeyen lezzet oluşumu ve gıda ürünlerinin işlevsel özelliklerinde bozulma meydana gelebilmektedir. Ultrasonun pastörizasyon amaçlı kullanılması, özellikle süt ürünlerinde ilgi görmektedir. Ultrasonun, pastörize sütte toplam protein miktarı veya kazein içeriğine olumsuz etki yaratmadan *Coliform*, *Pseudomonas fluorescens* ile *Listeria monocytogenes*'in inaktivasyonunda etkili olduğu kanıtlanmıştır (Cameron ve ark., 2009). Mikroorganizma inaktivasyonunda hücre zarının incilmesi, bölgesel ısıtma ve serbest radikal oluşmasının etkili olduğu ileri sürülmektedir.

Ultrasonun aynı zamanda, meyve, sebze, meyve suyu ve sütte kaliteyi olumsuz yönde etkileyen pektinmetilesteraz, polifenoloksidaz ve peroksidaz gibi çeşitli enzimlerin inaktivasyonunda da rol oynadığı belirtilmektedir (Vercet ve ark., 2002; Tiwari ve ark., 2009; Terefe ve ark., 2009; O'Donnell ve ark., 2010). Ultrasonun, sıcaklık ile birlikte uygulandığında gıdaların sterilizasyonunu hızlandırdığı, ısıl işlemin süresini ve yoğunluğunu azaltarak meydana gelen olumsuzlukları engellediği bildirilmektedir. Ultrasonikasyon, pastörizasyona kıyasla lezzet kaybını azaltmakta, işlemin daha homojen olmasını ve enerjide tasarrufu sağlamaktadır (Vercet ve ark., 2001).

2.5.1 Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Mikroorganizmalar Üzerine Etki Mekanizması

Ultrason, gıdalarda mikrobiyel faaliyetleri engelleyen yeni muhafaza teknikleri arasında sayılmaktadır. Yüksek güçte uygulanan ultrason uygulamasının biyolojik hücreleri parçaladığı bilinmektedir (Chisti, 2003; Chisti ve Moo-Young, 1986; Dakubu, 1976). Isıl işlemle birleştirildiğinde ise gıdaların sterilizasyon hızını artırdığı belirtilmektedir. Dolayısıyla, ultrason uygulamasının ısıl işlemin süresini, yoğunluğunu ve sonrasında oluşturduğu zararları azaltabildiği ileri sürülmektedir. Ultrasonun mikroorganizma inaktivasyonundaki başlıca etkisinin hücre duvarını inceltmesinden, bölgesel ısıtmaya neden olmasından ve serbest radikal oluşturmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Butz ve Tauscher, 2002).

Ultrason, geçici ve kalıcı olmak üzere iki şekilde kabarcık oluşturmaktadır (Mason ve ark., 2003). Geçici kabarcıklar gazla veya buharla dolduğunda düzensiz salınımlara ve sonrasında içeriye doğru çekime maruz kalmaktadır. Bu şekilde; hücreleri parçalara ayıran ve enzimlerin yapısını bozan bölgesel sıcaklık artışı ile basınç elde edilmektedir. Kalıcı boşluklar ise, düzenli bir şekilde salınan kabarcıkları

ifade etmektedir. Ultrasonun inaktivasyon uygulaması aynı zamanda hücre içi boşluk oluşumuna bağlıdır ve bu mekanik şoklar hücre yapısı ile işlevsel bileşenlere ve hücre parçalanmasına kadar zarar verebilir.

Ultrason uygulamasının, sporlara kıyasla enzimler üzerinde daha fazla etkili olduğu bildirilmektedir. İşlemin etkinliği, ultrason dalga büyüklüklerine, ultrasona maruz kalma süresine, mikroorganizma türüne, uygulanan gıda miktarına, gıdaların bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Ancak, ultrasonun tek başına uygulanmasında mikroorganizmaların inaktivasyonunda yeterli olmadığı; sıcaklık, basınç veya her ikisiyle birlikte uygulanmasında etkinliğinin arttığı ileri sürülmektedir. Ultrasonun basınç, sıcaklık ve her iki parametre ile birlikte uygulanmasına sırasıyla manosonikasyon (MS), termosonikasyon (TS) ve manotermosonikasyon (MTS) adı verilmektedir. Ultrasonun sıcaklık ile birlikte uygulanmasının diğer uygulamalara kıyasla işlem süresi ve enerji tüketimi bakımından çok daha verimli olduğu bildirilmektedir.

Mikroorganizmaların ultrasona karşı aynı şekilde tepki vermedikleri bilinmektedir. Mikrobiyal inaktivasyondaki verimliliği etkileyen faktörler arasında ultrason dalgalarının genişliği, ultrasona maruz kalma süresi, gıda miktarı, gıda bileşimi ve ortam sıcaklığı sayılabilmektedir (Piyasena ve ark., 2003). Ayrıca; mikroorganizma türünün, biçiminin veya çapının da etkili olduğu aktarılmaktadır (Heinz ve ark., 2003). Örneğin; daha büyük hücrelerin, küçük olanlara göre daha hassas olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni, daha geniş yüzey alanına sahip olmalarıdır. Hücre duvarları kalın olan gram-pozitif bakterilerin gram-negatif bakterilere kıyasla ultrasona daha dirençli oldukları bilinmektedir (Drakopoulou ve ark., 2009). Ayrıca, gram-pozitif hücrelerdeki peptidoglukan katmanının daha sıkı olmasının da ultrasona karşı direnci artırdığı belirtilmektedir.

2.5.2. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Enzim İnaktivasyonuna Etkisi

Birçok gıda maddesinin kalitesinin korunması için enzimlerin inaktive edilmesi veya faaliyetlerinin yavaşlatılması gerekmektedir. Isıl işlemle enzimler kolaylıkla inaktive edilebilmektedir. Ancak, bazı durumlarda ısıl işlemin lezzet, renk veya besin değeri gibi bazı gıda özelliklerini olumsuz yönde etkilediği bir gerçektir. Bu durum, enzimlerin frekansı 20 kHz'i aşan yüksek güçteki ses dalgaları ile inaktivasyonunu gündeme getirmektedir.

Ultrason dalgalarının proteinler üzerindeki etkisi oldukça karmaşıktır. Küre biçimindeki polimerik proteinlerin alt birimlere ayrıldığı ve ortamda oksijen bulunduğunda dördüncül yapının düzeltilemediği bildirilmektedir. Ultrasonun oluşturduğu kabarcıkların serbest radikal oluşumuna neden olması enzim inaktivasyonunu sağlamaktadır. Enzimlerin ultrasona olan direnci yapılarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, ultrasonun sıcaklık ve basınç ile birlikte uygulanmasının sadece ultrason uygulamasına kıyasla enzim inaktivasyonunda daha etkili olduğu bildirilmektedir. Gıdalardaki enzimlerin inaktivasyonunda manotermosonikasyon işleminin, sadece ultrason uygulamasına kıyasla daha etkili olduğu saptanmıştır (Earnshaw ve ark., 1995). Manotermosonikasyon uygulamasının, çeşitli enzimleri düşük sıcaklıklarda ve/veya eşdeğer sıcaklıklardaki ısıl işleme kıyasla daha kısa sürede inaktive ettiği ileri sürülmektedir.

İşlenmiş domateslerde kıvam, kaliteye ilişkin en önemli parametrelerden bir tanesidir (Vercet ve ark., 2001; Thakur ve ark., 1996) ve ağırlıklı olarak pektik maddelerin polimerizasyon derecesine bağlıdır. İşlenmiş domatestte kıvam, endopoligalakturanaz (PG) ile pektinmetilesteraz (PME) enzimlerinin sinerjik faaliyetleri nedeniyle azalmaktadır. Bu enzimler, pektin zincirini parçalayarak ürünün kıvamında düşüşe neden olmaktadır. Bu enzimler, işlem sırasında doku parçalandığı için serbest

kaldığından mümkün olduğunca hızlı bir şekilde inaktif hale getirilmelidir. Pektik enzimleri inaktive etmek için domatesler genellikle 82 °C ile 104 °C arasındaki sıcaklıklarda hızla ısıtılmaktadır (Vercet ve ark., 1999).

Poligalakturanaz ve pektinmetilesteraz enzimlerinin inaktivasyonunda, ısıtma yerine manotermosonikasyon uygulamasının daha etkili olduğu saptanmıştır. 37 °C sıcaklıkta yüksek basınç ile birlikte uygulanan ultrasonikasyonun, 65 °C’de ısıtma işlemine kıyasla enzim inaktivasyonunda daha etkili olduğu belirlenmiştir (Lopez ve ark., 1998).

2.5.3. Gıdalarda Ultrasonikasyon Uygulamasının Spor İnaktivasyonuna Etkisi

Sporlar; yüksek sıcaklık, basınç, yüksek ve düşük pH ile mekanik şoklar gibi koşullara mikroorganizmalara kıyasla daha dirençlidir. Isıl işleme dayanan bu bakteri sporları, gıdaların raf ömrünü büyük ölçüde kısıtlayabilmektedir. *Bacillus* ve *Clostridium* türlerindeki endosporların dirençli sporlar olduğu bilinmektedir. Örneğin; basil termofil sporlarının ancak 4 saat boyunca 100 °C’de ısıtma ile inaktive edilebildiği bildirilmektedir

Basınç ile birlikte 20 kHz frekansta ultrasonikasyon uygulamasının *Bacillus subtilis* sporlarını inhibe ettiği bildirilmektedir. Ayrıca, basıncı artırmanın spor inaktivasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir (Raso ve ark., 1998).

500 kPa’da 12 dakika boyunca manosonikasyon uygulanmasının sporların % 99’unu inaktive ettiği aktarılmaktadır. Ayrıca, titreşim genliğindeki artışın spor inaktivasyon düzeyinde artışa neden olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada, ultrason uygulamasına sadece *Bacillus cereus* ile *Bacillus licheniformis* sporlarının dayanıklı oldukları görülmüştür (Burgos ve ark., 1972).

Ultrases dalgasının genlik değeriindeki artışın spor inaktivasyonunda etkili olduğu bildirilmektedir. Örneğin; 20 kHz frekansta,300 kPa’da 12 dakika boyunca 90 lm genişlikte uygulanan sonikasyon işleminde, sporların % 75’inin inaktivasyona uğradığı; genlik değeri. 150 lm seviyesine çıktığında ise sporların % 95’inin inaktive olduğu belirlenmiştir. Ultrasonikasyonla birlikte ortam sıcaklığının artırılmasının da spor inaktivasyonunda sadece ısı işleme kıyasla daha fazla etkili olduğu görülmüştür.

2.6. Meyve Sularında Ultrasonikasyon Uygulamaları

Bilimsel araştırmaların gelişmesiyle tüketiciler; lezzetini ve tazeliğini koruyan, besleyici ve tüketimi güvenli gıdalara yönelmişlerdir. Geleneksel gıda muhafaza yöntemlerinin uygulanması ile gıdaların raf ömrünün uzatılabileceği ve tüketimi güvenli gıdalar üretilebileceği bilinmektedir. Ancak; geleneksel yöntemlerin gıdaların besleyici ve fizikokimyasal özelliklerinde kayıplara neden olabileceği belirtilmektedir. Ürünlerin besin değerlerinde herhangi bir kayba neden olmadan ürün kalitesi ve tüketici algısını geliştirebilmek için yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Sonikasyon; bu amaca hizmet eden, ısı işleme gerektirmeyen bir teknik olarak bilinmektedir. Sonikasyon ile meyve sularında besin kayıpları önlenirken ürünün kalite özellikleri artmakta ve mikrobiyal yük de azalmaktadır. Kısa işleme süresi ve az enerji tüketimi ile dikkat çeken bir tekniktir. Meyve sularında ultrason uygulamasının elverişli olduğuna ilişkin bir çok çalışma bulunmaktadır. Bir çalışmada, elma suyundaki forat artıklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerde herhangi bir değişim olmadan ayıklanabildiği tespit edilmiştir (Abid ve ark., 2013).

Abid ve ark. tarafından yapılan bir araştırmada elma suyunda 0. dakika (kontrol örneği) 30., 60 ve 90. dakikalarda 20 °C sabit sıcaklıkta, 25 kHz frekansta

ultrasonikasyon uygulanmıştır. Ultrasonikasyon uygulanan elma suyu örneğindeki suda çözünür toplam kuru madde, titrasyon asitliği, pH, °Brix, bulanıklık değerleri ve renk özellikleri ölçülmüştür. Sonuçlar değerlendirildiğinde 0. dakika kontrol örneğine göre, 30., 60. ve 90 dakika ultrasonikasyon uygulanan örnekte suda çözünür toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği değerlerinde önemli bir değişimin olmadığı, ultrasonikasyon uygulanan örnekte bulanıklık değerlerinin ultrasonikasyon süresine göre arttığı belirtilmektedir. Bulanıklık değerindeki artışın sonikasyon işlemi sırasındaki kavitasyonun yarattığı yüksek basınç değişiminden kaynaklandığı ve kavitasyonun meydana getirdiği yüksek basıncın kolloidal dispersiyona ve parçalanmaya yol açtığı, makro moleküllerin daha küçük moleküllere parçalanmasını sağladığı bunun da daha kararlı bir meyve suyu oluşumu sağladığı görülmüştür. Bazı çalışmalarda, ultrasonikasyon uygulamasının pektinin doğrusal molekül yapısını kırarak pektin ağırlığını azalttığı ve yine sonikasyon işlemi sırasında meydana gelen kavitasyonun kimyasal ve mekanik reaksiyonlara neden olduğu belirtilmektedir (Abid ve ark., 2013).

Ultrasonikasyon uygulanan örneklerde; renk değerlerinde de (L^* , a^* ve b^*) önemli bir değişimin olmadığı, askorbik asit miktarını artırdığı belirlenmiştir. Sonikasyon işleminin elma suyunda suda çözünmüş oksijeni uzaklaştırarak elma suyunun işlenmesini kolaylaştırdığı belirtilmektedir (Abid ve ark., 2013).

Ultrasonikasyon uygulanan örneklerde toplam fenolik madde konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. Bu durumun, sonikasyon uygulanması sırasındaki kavitasyonun bağlarda oluşturduğu ani kesme kuvveti ve basınç değişiminin hücre çeperlerini parçalanmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Dolayısıyla, elma suyundaki polifenolik madde miktarının arttığı ve tüm sonuçların tüketici açısından daha sağlıklı bir meyve suyu üretimine olanak sağladığı bildirilmektedir (Abid ve ark., 2013).

Ultrasonikasyon uygulanan örneklerde, maya ve küf sayılarında 3.21 log kob/mL'den 1.99 log kob/ mL'ye düşüşün gerçekleştiği, mikrobiyal inaktivasyonun, ultrasonikasyon uygulanması sırasında oluşan kavitasyonun yarattığı basınç ve şok dalgalarında kaynaklandığı, ani şok dalgaları ve basınçtaki artışın ısı artışını sağladığı ve ortamda oluşan serbest hidroksil radikallerin oksidatif etkinin de maya ve küfün biyolojik özelliklerinde hasara yol açarak inaktivasyon gerçekleştirdiği belirtilmektedir (Abid ve ark., 2013).

Tiwari ve arkadaşları (2009); portakal suyuna 2-10 dakika, 10-30 °C sıcaklık aralığında, 20 kHz frekansta % 40-100 ultrasonik genlik aralığında ultrasonikasyon uygulamıştır. Bu araştırmada, ultrasonikasyon uygulamasının portakal suyunun titrasyon asitliği, pH ve ⁰Bx değerlerinde belirgin bir değişime neden olmadığı belirtilmektedir. Buna karşın ultrasonikasyonun; portakal suyunun renginde, enzimatik olmayan esmerleşme indeksinde, bulanıklık ve askorbik asit içeriğinde etkili olduğu belirtilmektedir. Ultrasonikasyonun portakal suyundaki bulanıklık değerini 30 °C altındaki sıcaklıklarda bile artırabileceği bu nedenle işlem sırasında sıcaklık değerlerinin kontrol altında tutulması gerektiği belirtilmiştir. Ultrasonikasyonun portakal suyunda askorbik asit içeriğini düşürdüğü bildirilmektedir. Askorbik asitteki kaybın, ultrasonikasyon işlemi sırasında oluşan kavitasyonun oksidasyona neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna göre; askorbik asidin, oksidasyon sonrası oluşan serbest radikaller ile reaksiyona girdiği ve miktarının azaldığı ileri sürülmektedir (Tiwari ve ark., 2009).

Gıdalarda esmerleşme reaksiyonları yaygın olarak meydana gelen ve daha çok gıdaların işlenmesi ile mekanik zedelenmeler esnasında oluşan reaksiyonlardır. Esmerleşme reaksiyonları gıdaların besin değeri, görünüş ve lezzetinde bazı değişimlere neden olması açısından önemlidir. Bundan dolayı, gıdaların besin değeri,

görünüş ve lezzetindeki değişimlerin kontrol altında tutulabilmesi için esmerleşme reaksiyonlarının inhibisyon tekniklerinin bilinmesi önemlidir. Gıdalarda iki tür esmerleşme reaksiyonu meydana gelmektedir. Bunlar enzimatik ve enzimatik olmayan (Maillard Reaksiyonları, Karamelizasyon, Askorbik Asit Oksidasyonu) esmerleşme reaksiyonlarıdır (Eskin ve ark., 1971).

Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına fenolaz ve polifenol oksidaz enzimleri neden olmaktadır. Bu tür esmerleşme reaksiyonları elma, muz, patates gibi birçok meyve ve sebzede soyulma, mekanik zedelenmelerden dolayı dokunun hasar görmesi, kesilme gibi durumlarda görülmektedir. Bu gibi zedelenme ve parçalanma durumlarında ortaya çıkan fenolik bileşenler havanın oksijeni ile oksidayona uğrayıp, kahverengi melanin pigmenti oluşumuyla polifenol oksidaz enziminin katalize ettiği enzimatik esmerleşme reaksiyonları meydana gelmektedir. Fenoloksidaz, katekolaz ve tirosinaz enzimi, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına neden olan fenolaz grubu enzim türleridir. Fenolaz enzimleri elma, muz, şeftali, kavun gibi meyveler ile çay ve yağlarda bulunmaktadır. (Eskin ve ark., 1971; Fox, 1991)

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ise maillard reaksiyonları, karemalizasyon ve askorbik asit oksidasyonun olmak üzere üç farklı yolla meydana gelmektedir. Maillard isimli Fransız Kimyacı 1912 yılında, glukoz veya glisin içeren bir çözeltinin ısıtılma işlem görmesi durumunda kahverengi renk pigmentleri veya melanoidin oluştuğunu bildirmiştir. Maillard reaksiyonu olarak adlandırılan bu kimyasal reaksiyon indirgen şekerlerin karbonil grubu ile amino asitlerin amino grubunu arasında gerçekleştiği bildirilmekte ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından olan karamelizasyon ve askorbik asit oksidasyon reaksiyonlarının da ısıtılma işlem ve depolama işlemleri sırasında meydana gelen, gıdaların renk, lezzet ve

besin değerlerinde değişimlere yol açan reaksiyonlar olduğu bildirilmektedir (Eskin ve ark., 1971).

Meyve sularının sterilizasyonu sırasında uygulanan ısı ıl işlem, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına neden olması ve bunun da besin değeri kayıpları, lezzet ve renk bozulmalarına yol açmasından dolayı, gıda muhafazasında non-termal tekniklerin uygulanmaya başaldığı bildirilmektedir. Salah ve ark. tarafından, 2013 yılında yapılan bir araştırmada, 20 kHz frekansta 21, 30 ve 40% dalga genliğinde, 20-35-50 ⁰C ve 2-5-10 dakika süreyle elma ve guava meyve suyunda ultrasonikasyon uygulamasının, enzimatik olmayan esmerleşme indeksinde bir değişime neden olmadığı bildirilmektedir. (Salah ve ark., 2013).

Ultrasonikasyon uygulaması, meyve sularında bulunan ve enzimatik esmerleşmeye neden olan fenolaz grubu enzimleri inaktive etmesi nedeniyle, meyve sularında ultrasonikasyon uygulamasının enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını azalttığı ve besin ve lezzet kaybı ile gorsel renk değerleri gibi gıdaların organoleptik özelliklerinde değişime neden olmadığı düşünölmektedir. Ultrasonikasyon uygulamasının ani basınç değişimleriyle kavitasyona neden olması ile sıcaklığın artışı ını tetiklemesi buna bağlı olarak da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını artırabileceği öngörölse de yapılan araştırmalarda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına bağlı esmerleşme indeksinde belirgin bir değişimin olmadığı belirtilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada elma suları; Dimes Anonim Şirketinden, pastörize öncesi aşamada aseptik ambalajlarda temin edilmiştir. Ultrasonikasyon işlemi uygulanana kadar -18 °C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Deney Tasarımının Oluşturulması

Ultrasonikasyon sırasında kullanılan parametrelerin elma suyunun bazı kalite özelliklerine etkilerini belirleyebilmek için yanıt yüzey yönteminden yararlanılarak Merkezi Karma Tasarım (Central Composite Design) yöntemine göre deney tasarımı oluşturulmuştur. Bu amaçla; Design Expert (Statease Inc., Minneapolis, ABD) programı kullanılmıştır. Deney tasarımı, -1, 0, +1 olarak 3 düzeyde ve merkez noktasında 2 tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Sıcaklık (30, 45, 60 °C), dalga genliği (% 40, % 70, % 100) ve süre (2, 8.5, 15 dakika); ultrasonikasyon parametreleri olarak seçilmiştir. Tasarımdaki deney sayısı ile deney koşulları Ek 2:4’de görülmektedir.

Bu araştırmada; elma suyunun ultrasonikasyonu, ultrasonik homojenizatör (Bandalin, Almanya) kullanılarak yürütülmüştür (Ek-1). Deney tasarımında belirlenen sürelerde alınan ve çeşme suyu altında soğutulan örneklerde, suda çözünür kuru madde (°Bx), pH değeri, titrasyon asitliği, görsel renk değerleri, toplam fenolik madde miktarı gibi fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Ayrıca, ultrasonikasyonun elma suyu mikrobiyal yüküne etkisinin belirlenmesi için de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* ve maya-küf sayımı yapılmıştır.

3.3. Kimyasal Analizler

3.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma suyu örneklerinin Briks değerlerinin ölçümü, 20 °C’de el tipi dijital refraktometre (Atago, PAL-3, Tokyo, Japonya) kullanılarak yapılmıştır.

3.3.2. pH Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma suyu örneklerinin pH değerleri, 20 °C’ de pH-metre cihazı (Schott Instruments Lab870, Belçika) kullanılarak ölçülmüştür.

3.3.3. Titrasyon Asitliği Tayini

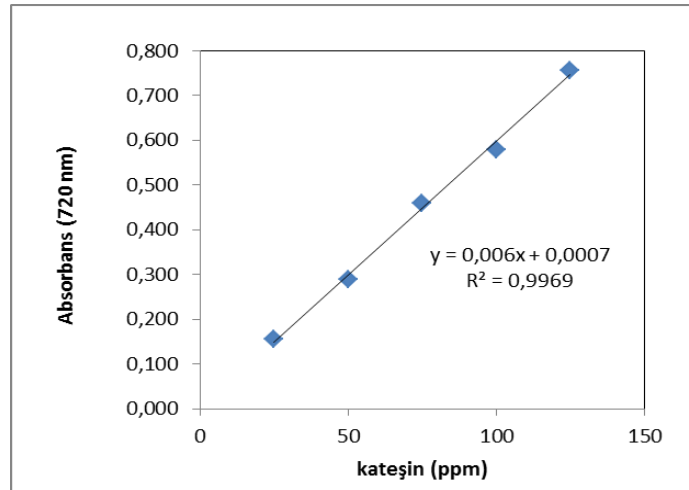
Ultrasonikasyon uygulanan elma suyu örneklerinin titrasyon asitliği ölçümü, doğrudan potansiyometrik ölçüm tekniği kullanılarak yapılmıştır. Elma suyu örneklerinin 20 °C’de pH değeri 8.1’e sabitlenene kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon asitliği, malik asit g/100 mL olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. Görsel Renk Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma suyu örneklerinin görsel rengindeki değişim Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak CIE- $L^* a^* b^*$ renk sistemi ile belirlenmiştir. Cihaz, her kullanım öncesinde beyaz seramik plakaya karşı standardize edilmiş ve CIE- $L^* a^* b^*$ renk sistemine göre; aydınlatma değeri (L), kırmızı ve sarı rengi ifade eden $+a^*$ ve $+b^*$ değerleri, renk yoğunluğunu ve renk tonunu belirten *Chroma* (C) ve *Hue* (h) değerleri saptanmıştır.

3.3.5. Toplam Fenolik Madde Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma sularında toplam fenolik madde tayinine göre belirlenmiştir. Buna göre; belirli oranda seyreltilen elma suyundan 0.5 mL örnek alınarak 0.5 mL folin çözeltisi karıştırılmış ve 3 dakika beklenmiştir. Süre sonunda karışıma 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi eklenerek 25 °C’de 1 saat etüvde bekletilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 720 nm dalga boyunda SHIMADZU UV-1800 spektrofotometrede okunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı, kateşin standart kurvesinden hesaplanmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Kateşin standart eğrisi

3.3.6. Bulanıklık Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma sularında bulanıklık tayini, 625 nm dalga boyundaki absorbans değerinin SHIMADZU UV-1800 spektrofotometrede ölçülmesiyle yapılmıştır.

3.3.7. Esmerleşme İndeksi Tayini

Ultrasonikasyon uygulanan elma sularında esmerleşme indeksi tayini, 420 nm dalga boyundaki absorbans değerinin SHIMADZU UV-1800 spektrofotometrede ölçülmesiyle yapılmıştır.

3.4. Mikrobiyolojik Analizler

Bu araştırmada, ultrasonikasyon uygulanan elma sularında *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 ve maya-küf analizleri yapılmıştır. Bakteri suşları Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.

3.4.1. Besiyerleri

Bu araştırmada, *Escherichia coli* O157:H7 için SMAC Agar; *Listeria monocytogenes* için Oxford Agar; *Salmonella* Typhimurium için Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar ve maya-küf için YGC Agar kullanılmıştır. Literatürde belirtilen miktarlarda tartılıp distile su ile homojen şekilde çözüldürüldükten sonra Petri kaplarına aseptik şekilde ve homojen dağıtılmıştır.

3.4.2. Fizyolojik Tuzlu Su (FTS)

NaCl 8.75 gr tartılarak 1000 mL distile suda eritilmiş ve dilüsyon tüplerine 9 mL doldurularak 121 °C'de 15 dakika otoklavda tutulmuştır.

3.4.3. Mikroorganizma

3.4.3.1. *Escherichia coli* O157:H7 Analizi

SMAC Agar hazırlanarak petrilere dökülmüştür. Aktifleştirilmiş 1mL *Escherichia coli* O157:H7 suşu 100 mL elma suyuna inoküle edilerek ultrasonikasyon uygulanmıştır. Belirli sürelerde, ultrasonikasyon uygulanan elma suyundan 1 mL alınarak 9 mL FTS tüplerine aktararak dilüsyon serisi hazırlanmıştır. Dilüsyon tüplerinden de 0.1 mL alınarak yayma kültür yöntemiyle SMAC agara ekim yapılmıştır. Petriler 37 °C'de 48 saat inkübasyondan sonra sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir.

3.4.3.2. *Listeria monocytogenes* Analizi

Oxford Agar hazırlanarak petrilere dökülmüştür. Aktifleştirilmiş 1 mL *Listeria monocytogenes* suşu 100 mL elma suyuna inoküle edilerek ultrasonikasyon uygulanmıştır. Belirli sürelerde, ultrasonikasyon uygulanan elma suyundan 1 mL alınarak 9 mL hacmindeki FTS tüplerine aktararak dilüsyon bir seri hazırlanmıştır. Dilüsyon tüplerinden de 0.1 mL alınarak yayma kültür yöntemiyle Oxford Agara ekim yapılmıştır. Petriler 30 °C’de 48 saat inkübasyondan sonra sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir.

3.4.3.3. *Salmonella Typhimurium* Analizi

Xylose Lysine Deoxycholate Agar hazırlanarak petrilere dökülmüştür. Aktifleştirilmiş 1 mL *Salmonella Typhimurium* suşu 100 mL elma suyuna inoküle edilerek ultrasonikasyon uygulanmıştır. Ultrasonikasyon uygulanan elma suyundan 1 mL alınarak 9 mL FTS tüplerine aktararak dilüsyon bir seri hazırlanmış ve dilüsyon tüplerinden de 0.1 mL alınarak Xylose Lysine Deoxycholate Agara yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petriler 25 °C’de 48 saat inkübasyondan sonra yapılan sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir.

3.4.3.4. Maya-Küf Analizi

YGC Agar hazırlanarak Petrilere dökülmüştür. İnokülasyon yapılmaksızın 100 mL elma suyuna doğrudan ultrasonikasyon uygulanmıştır. Belirli sürelerde, ultrasonikasyon uygulanan elma suyundan 1 mL alınarak 9 mL FTS tüplerine aktararak dilüsyon bir seri hazırlanmış ve dilüsyon tüplerinden de 0.1 mL alınarak YGC Agara yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petriler 37 °C’de 48 saat inkübasyondan sonra yapılan sayım sonuçları kob/mL olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunun çözünür kuru madde miktarı (°Bx), pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyundaki °Bx, pH ve titrasyon asitliğindeki değişime etkisi yanıt yüzey yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ancak, bu 3 parametredeki değişim için herhangi bir model belirlenememiştir. °Bx, pH ve titrasyon asitliğindeki değişimlere ilişkin çizelge Ek-2’de verilmiştir.

4.2. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda esmerleşme indeksi üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki esmerleşme indeksine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda esmerleşme indeksindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$; Çizelge 4.1). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.975 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de görülmektedir.

$$\text{Esmerleşme İndeksi Denklemini} = 0.74 - 0.012A + 0.027B - 2.000E - 004C - 3.125E - 003AB + 9.125E - 003AC + 6.250E - 004BC + 3.983E - 003A^2 - 0.059B^2 + 0.012C^2$$

Çizelge 4.1. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

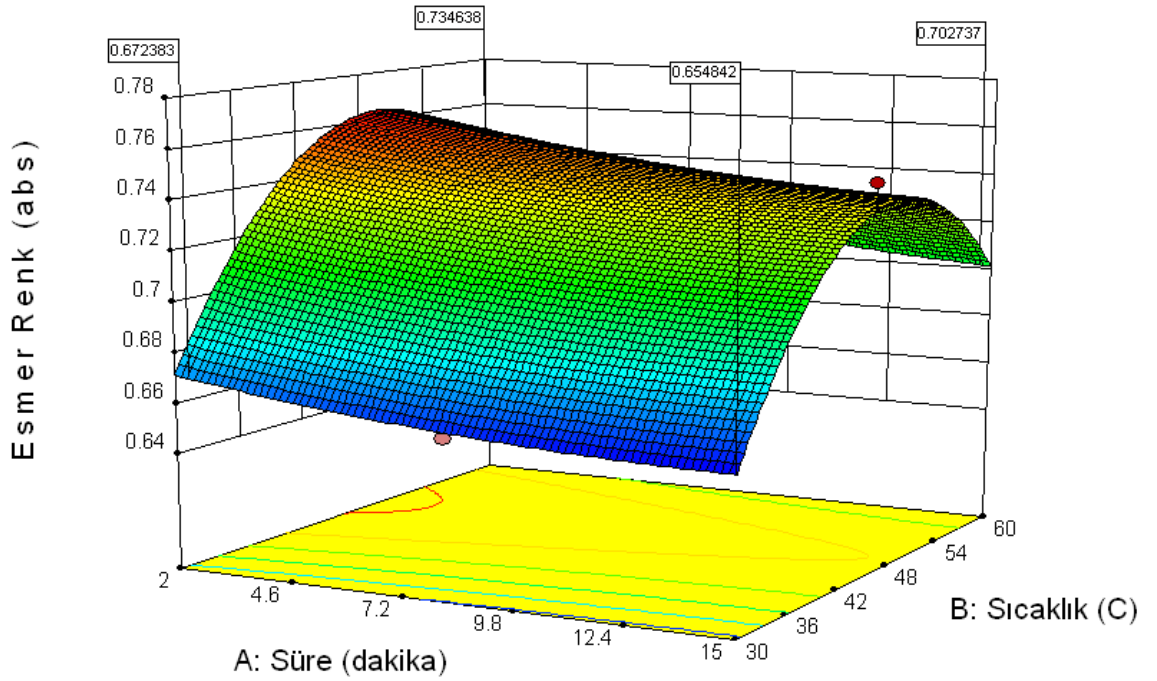
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R²
Model	9	2.189E-003	26.08**	0.9751
A-Süre	1	1.346E-003	16.04**	
B-Sıcaklık	1	7.076E-003	84.32**	
C-Genlik	1	4.000E-007	4.767E-003	
AB	1	7.813E-005	0.93	
AC	1	6.661E-004	7.94*	
BC	1	3.125E-006	0.037	
A ²	1	4.182E-005	0.50	
B ²	1	9.183E-003	109.43**	
C ²	1	3.785E-004	4.51	
Uyum eksikliği	5	1.006E-004	201.18	
Hata	1	5.000E-007		
Genel	15			

*P<0.05, **P<0.01

Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyunda esmerleşme indeksine lineer etkisinin önemli olduğu bulunmuştur (P<0.01; Çizelge 4.1). Örneğin; 30 °C’de 2 dakika süreyle % 40 genlik değerinde uygulanan ultrasonikasyon sonrasında 0.702 bulunan esmerleşme indeksi; aynı sıcaklık ve genlik değerinde 15 dakika süreyle uygulanan ultrasonikasyondan sonra 0.654 olarak ölçülmüştür. 60 °C’de % 40 genlikte 2 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda esmerleşme indeksi 0.750 iken; aynı sıcaklıkta ve aynı genlik değerinde 15 dakika uygulama sonrasında 0.706 bulunmuştur (Ek-3).

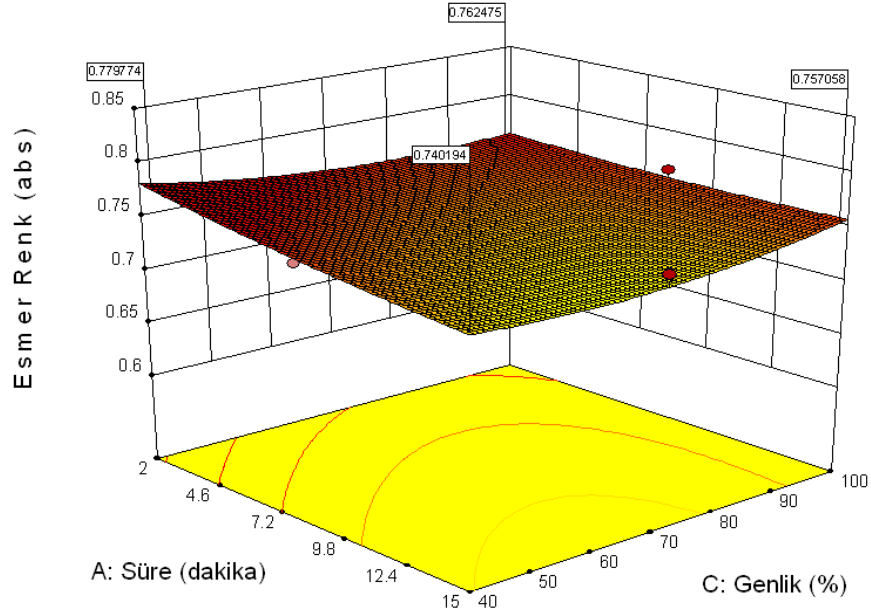
Elma suyundaki esmerleşme indeksindeki değişimde ultrasonikasyon sıcaklığının (B) da önemli olduğu bulunmuştur ($P<0.01$; Çizelge 4.1). Elma suyuna 30 °C’de % 70 genlik değerinde 8.5 dakika ultrasonikasyon uygulandığında esmerleşme indeksi, 0.657 olarak belirlenmiştir. Aynı genlik değerinde ve aynı sürede 45 °C’de ve 60 °C’de uygulanan ultrasonikasyon sonrasında ise bu değer sırasıyla 0.741 ve 0.718’e yükselmiştir (Ek-3). Valdramidis ve ark. (2010) da, 5-30 °C sıcaklık aralığında 24.4-61.0 µm dalga genliğinde 2-10 dakika ultrasonikasyon uygulanan portakal suyunda enzimatik olmayan esmerleşme için ölçülen absorbans değerinin sıcaklık ile arttığını belirtmektedirler. Orta düzeyde genlik değerlerinde ise daha düşük absorbans değerleri elde edildiğini bildirmektedirler. Ultrasonikasyon dalga genliğinin (C) ise esmerleşme indeksi üzerinde önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.1).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi Şekil 4.1’de görülmektedir. % 70 genlik değerinde 2 dakika süreyle 45 °C’de ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda esmerleşme indeksinin 0.753’ten; 60 °C’de aynı genlik değerinde 8.5 dakika uygulanan ultrasonikasyondan sonra 0.718’e düştüğü görülmüştür. Esmerleşme indeksi; 30 °C, % 40 genlik değeri ve 2 dakikalık ultrasonikasyon işleminde 0.702 bulunurken; 45 °C’de aynı genlikte 8.5 dakikalık ultrasonikasyon sonrasında 0.753 ölçülmüştür (Ek-3). Ancak; ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşimi, elma suyu esmerleşme indeksindeki değişim üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.1).



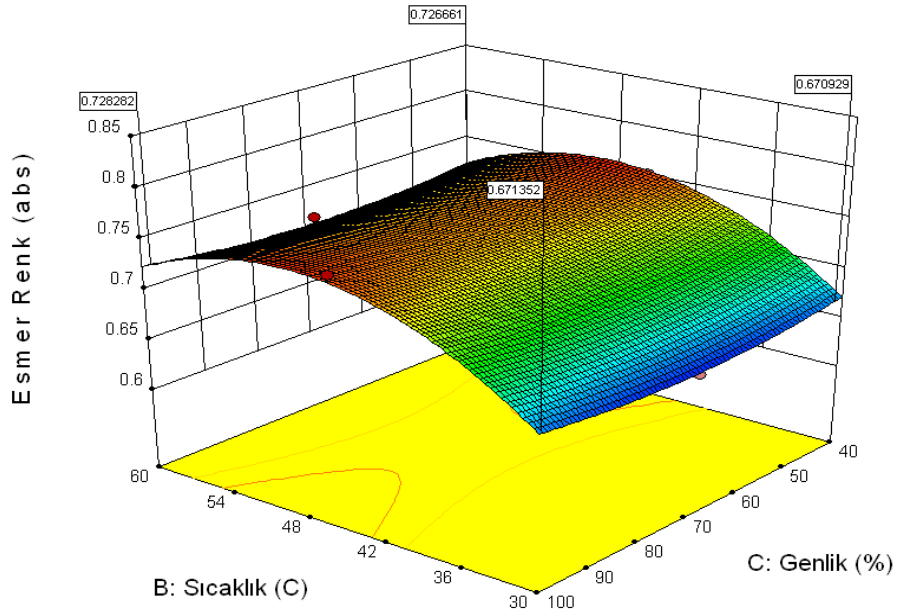
Şekil 4.1. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve dalga genliği etkileşiminin (AC) elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi Şekil 4.2’de görülmektedir. Esmerleşme indeksi, 30 °C’de % 70 genlik değerinde 8.5 dakikalık ultrasonikasyon sonrasında 0.657 olarak belirlenmiştir. Bu değer; aynı sıcaklıkta % 100 genlik değerinde 2 dakikalık uygulama sonunda 0.671’e yükselmiştir. 60 °C’de % 40 genlik değerinde 15 dakika uygulanan ultrasonikasyon sonunda 0.706 olarak ölçülen esmerleşme indeksi, aynı sıcaklıkta % 70 genlik değerinde ve 8.5 dakika ultrasonikasyondan sonra 0.718 bulunmuştur (Ek-3). Ultrasonikasyon dalga genliği ve süresi etkileşiminin elma suyunda esmerleşmeyi artırdığı ve bu artışın önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.05$; Çizelge 4.1).



Şekil 4.2. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi Şekil 4.3’de görülmektedir. Ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda esmerleşme üzerine lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.1).



Şekil 4.3. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda esmerleşme indeksine etkisi

4.3. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda toplam fenolik madde üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki toplam fenolik madde miktarına etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda toplam fenolik madde miktarındaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$; Çizelge 4.2). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.885 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de görülmektedir.

$$\text{Toplam Fenolik Madde} = 721.53 - 11.10A + 20.00B + 5.20C + 4.88AB - 4.37BC - 19.87BC + 19.45A^2 - 24.05B^2 - 54.05C^2$$

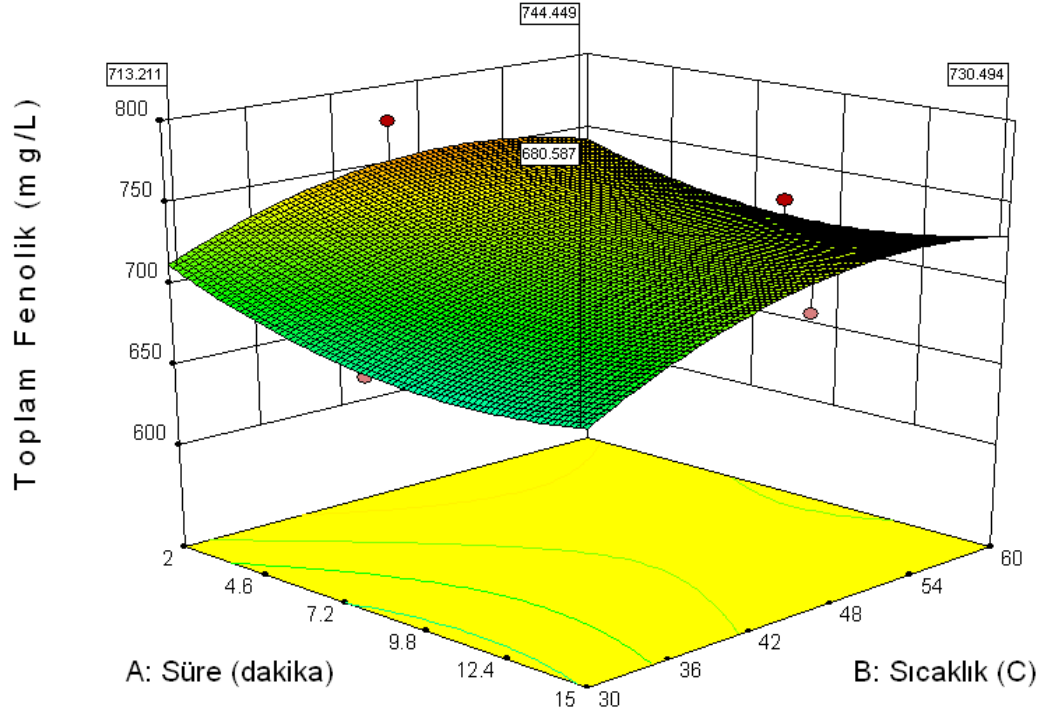
Çizelge 4.2. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	2531.47	5.14*	0.8853
A-Süre	1	1232.10	2.50	
B-Sıcaklık	1	4000.00	8.13*	
C-Genlik	1	270.40	0.55	
AB	1	190.13	0.39	
AC	1	153.13	0.31	
BC	1	3160.13	6.42*	
A^2	1	997.17	2.03	
B^2	1	1525.10	3.10	
C^2	1	7702.37	15.65**	
Uyum eksikliği	5	582.40	0.1975	
Hata	1	40.50		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyunda toplam fenolik madde miktarına lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$; Çizelge 4.2). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki toplam fenolik madde miktarının sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süresince, 30 °C ve 45 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki toplam fenolik madde miktarı, sırasıyla 676 mg kateşin eşdeğeri/L ve 709 mg kateşin eşdeğeri/L ölçülmüştür. Ayrıca, % 100 genlik değerinde 15 dakika uygulanan ultrasonikasyondan sonra elma suyunda toplam fenolik madde miktarı, 30 °C’de 643 mg kateşin eşdeğeri/L; 60 °C’de 659 mg kateşin eşdeğeri/L bulunmuştur (Ek-3). Dubrovic ve ark. (2011) da, çilek suyunda antosiyanin içeriğinin ultrasonikasyon sıcaklığına bağlı olarak attığını bildirmektedir. Ultrasonikasyonun 0-6 dakika aralığında uygulandığı karpuz suyunda; toplam fenolik madde miktarının ultrasonikasyon süresinin artırılmasıyla azaldığı aktarılmaktadır (Rawson et al. 2011). Diğer bir çalışmada; 20 °C’de 25 kHz frekansta 30, 60 ve 90 dakika uygulanan ultrasonikasyonun, elma suyunda toplam fenolik madde miktarını artırdığı saptanmıştır (Abid et al. 2013). Bu araştırmada; ultrasonikasyon süresi (A) ve ultrasonik dalga genliğinin (C) lineer etkilerinin ise toplam fenolik madde miktarındaki değişim üzerinde önemli olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$; Çizelge 4.2).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ultrasonikasyon süresi etkileşiminin (AB); elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi Şekil 4.4.’de görülmektedir. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.2).

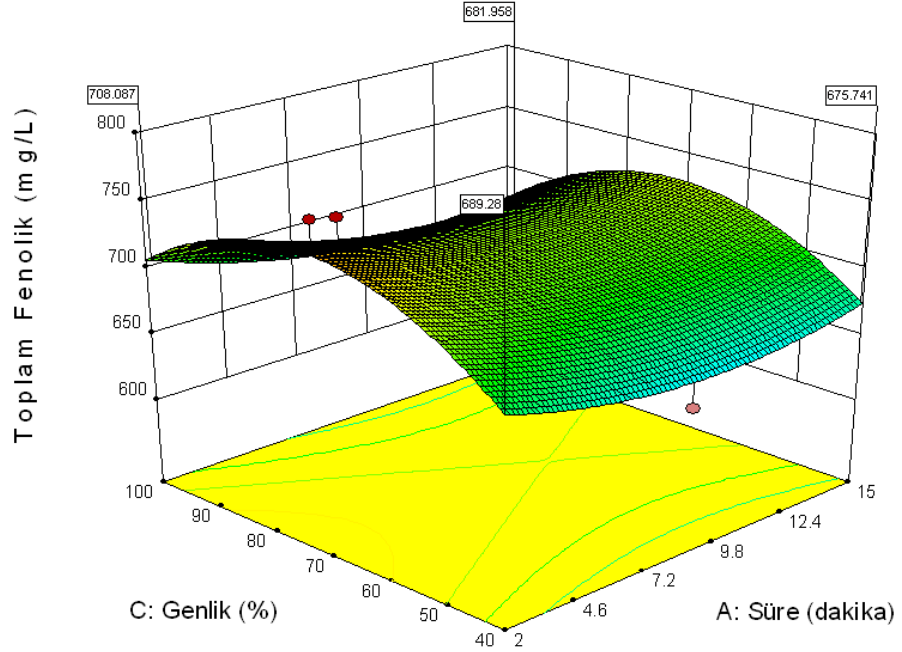


Şekil 4.4. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi

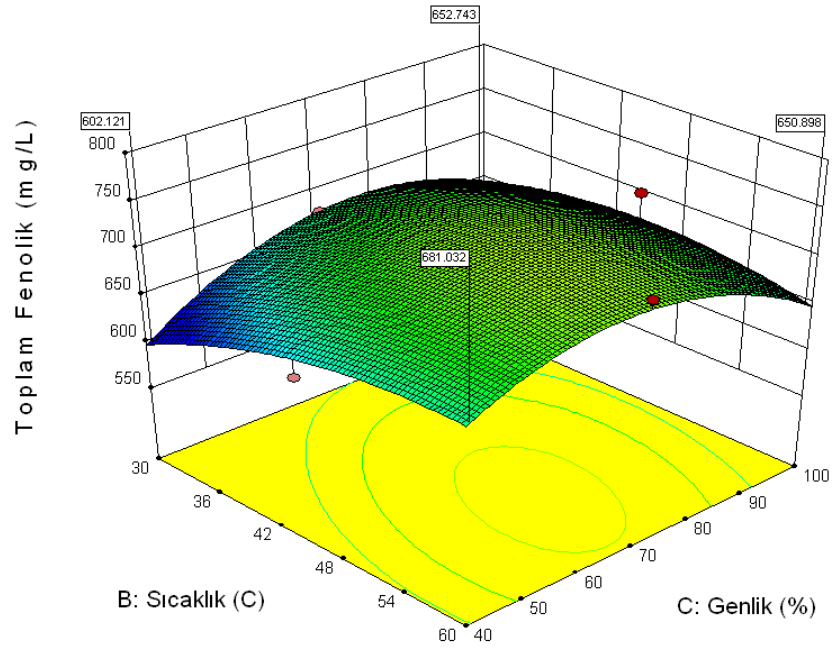
Ultrasonikasyon süresi ve dalga genliği etkileşiminin (AC) elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi Şekil 4.5’de görülmektedir. Ultrasonik dalga genliği ve süresi etkileşiminin (AC) elma suyunda toplam fenolik madde miktarına lineer etkisinin ($P>0.05$) önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi Şekil 4.6’da görülmektedir. Elma suyunda toplam fenolik madde miktarı; 30°C’de 2 dakika süreyle, % 40 genlik değerinde uygulanan ultrasonikasyon sonrasında 626 mg kateşin eşdeğeri/L; 60 °C’de aynı süreyle % 100 genlik değerinde uygulanan ultrasonikasyon sonrasında ise 661 mg kateşin eşdeğeri/L bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarındaki bu artış, 30°C’de, % 70 genlik değerinde ve 45 °C’de % 100 genlik değerinde 8.5 dakika

uygulanan ultrasonikasyon sonrasında da gözlenmiştir (Ek-3). Sonuç olarak, ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin birlikte etkisinin toplam fenolik madde miktarında istatistik açıdan önemli artışa neden olduğu bulunmuştur ($P<0.05$; Çizelge 4.2).



Şekil 4.5. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi



Şekil 4.6. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda toplam fenolik madde miktarına etkisi

4.4. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda bulanıklıktaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$; Çizelge 4.3). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.861 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’de görülmektedir.

$$\text{Bulanıklık Denklemi} = 0.31 - 0.021A + 0.014B + 5.100E - 0.03C - (6.250E - 0.003AB) - (1.750E - 0.003AC) - (3.500E - 0.03BC) + 0.028A^2 - 0.035B^2 - 0.012C^2$$

Çizelge 4.3. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

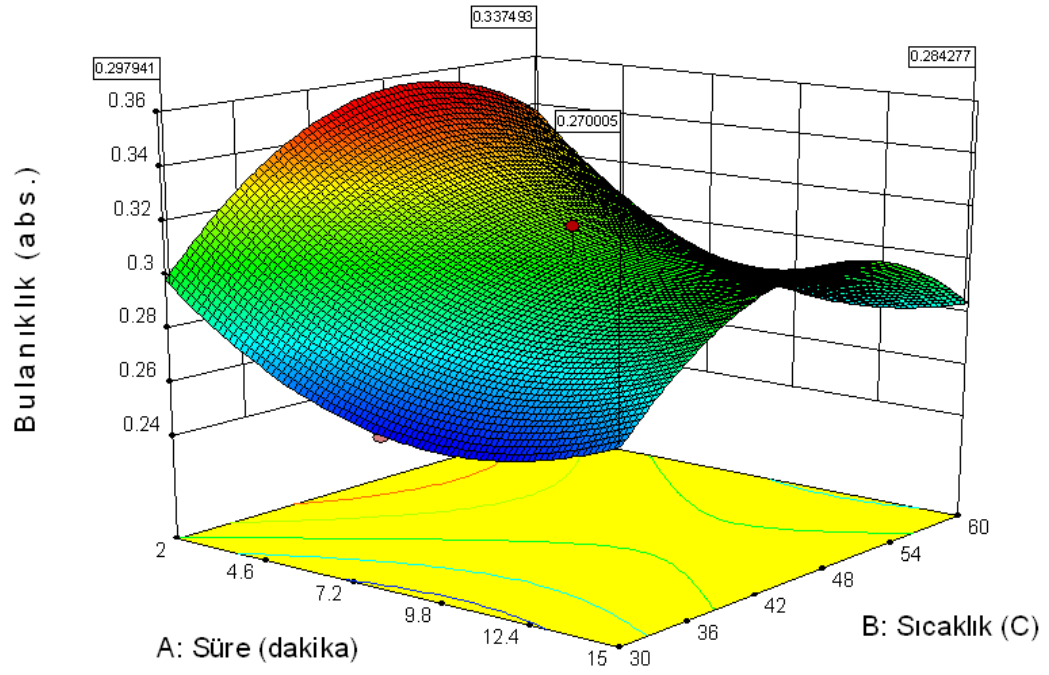
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	1.325E-003	4.13*	0.8610
A-Süre	1	4.368E-003	13.62**	
B-Sıcaklık	1	1.822E-003	5.68	
C-Genlik	1	2.601E-004	0.81	
AB	1	3.125E-004	0.97	
AC	1	2.450E-005	0.076	
BC	1	9.800E-005	0.31	
A^2	1	2.016E-003	6.29*	
B^2	1	3.293E-003	10.27**	
C^2	1	4.018E-004	1.25	
Uyum eksikliği	5	3.728E-004	6.16	
Hata	1	6.050E-005		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

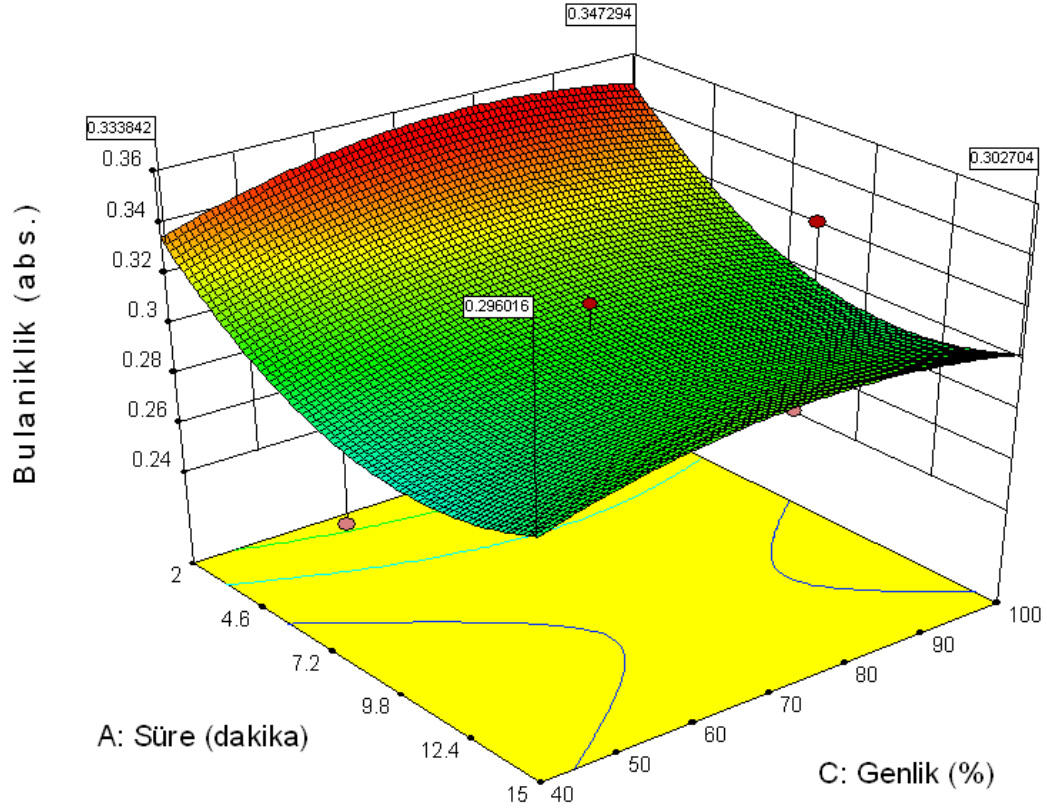
Elma suyundaki bulanıklığın, aynı sıcaklıkta ve aynı genlik değerlerinde farklı sürelerde uygulanan ultrasonikasyon sonrasında önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.3). Örneğin; 30 °C’de, % 40 genlik değerinde 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon sonrasında bulanıklık değerleri sırasıyla, 0.282 ve 0.258 olarak bulunmuştur. Ayrıca; 30 °C’de % 100 genlik değerinde 2 ve 15 dakika ultrasonikasyondan sonra bulanıklığın 0.292’den 0.256’ya düştüğü ölçülmüştür. 30°C’de, % 40 genlik değerinde, 15 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 0.258 olarak ölçülen bulanıklık değeri, 60 °C’de, aynı genlik değeri ve ultrasonikasyon süresinde 0.278 olarak ölçülmüştür. Ultrasonikasyon; 30 °C’de, % 100 genlik değerinde, 2 dakika uygulandığında bulanıklık 0.292; 60°C’de, aynı genlik değeri ve aynı süre uygulandığında 0.323 ölçülmüştür (Ek-3). Elma suyundaki bulanıklığın ultrasonikasyon sıcaklığına (B) göre artışı, önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.3). Bununla birlikte, ultrasonik dalga genliğinin (C) de bulanıklık üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.3).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki bulanıklık üzerine etkisi Şekil 4.7’de görülmektedir. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyunda bulanıklık üzerine lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.3).

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi Şekil 4.8’de görülmektedir. Ultrasonik genlik değeri ve süresi etkileşiminin elma suyunda bulanıklık üzerine lineer etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) Çizelge 4.3’den görülmektedir.

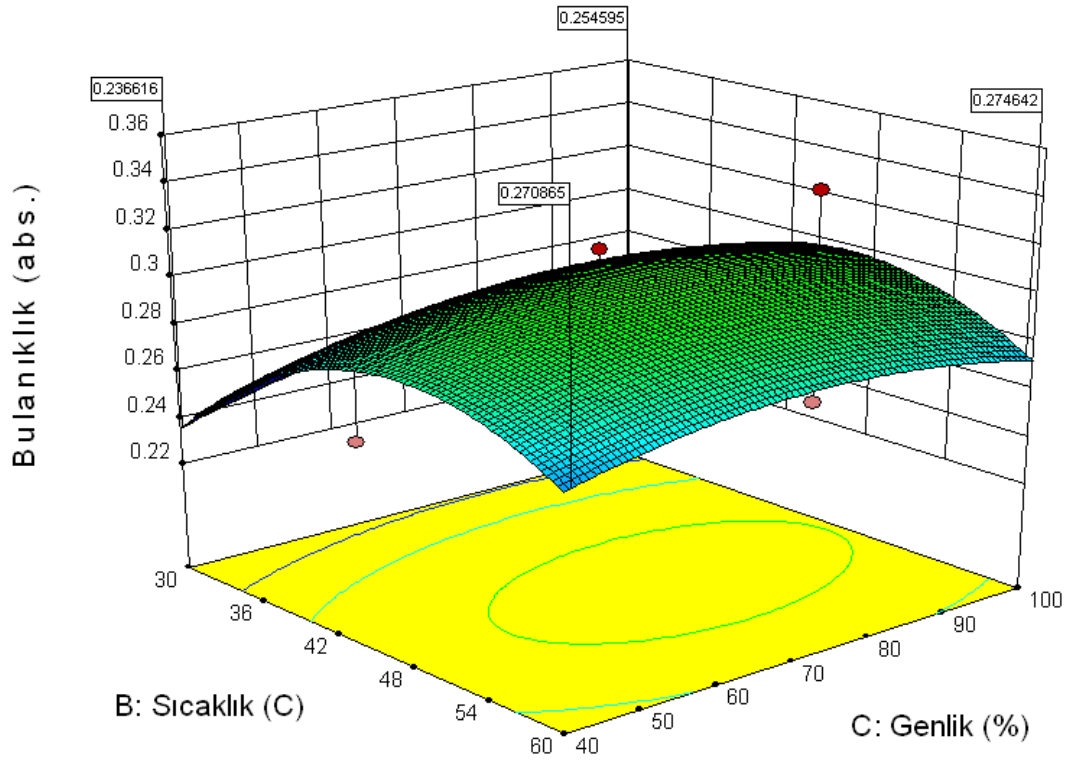


Şekil 4.7. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi



Şekil 4.8. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda bulanık üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi Şekil 4.9’da görülmektedir. Buna göre; elma suyundaki bulanıklığın, ultrasonik genlik değerine bağlı olarak arttığı görülmektedir. Ancak, ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda bulanıklık üzerindeki lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.3).



Şekil 4.9. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda bulanıklık üzerine etkisi

4.5. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu L* değeri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyu L* değeri üzerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda L* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.4). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.943 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4’de görülmektedir.

$$L^* \text{ değeri} = 27.52+0.41A-0.69B+0.15C+0.20AB+0.036AC+0.049BC-0.20A^2-0.035B^2-0.23C^2$$

Çizelge 4.4. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda L* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

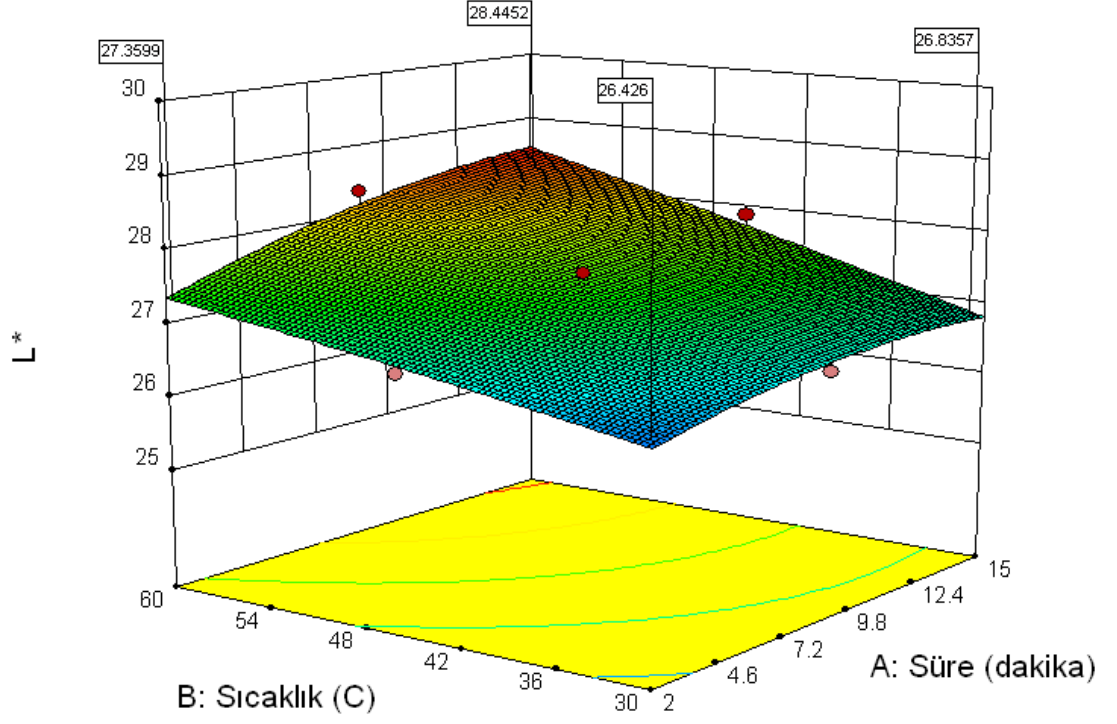
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	0.84	11.03**	0.9430
A-Süre	1	1.70	22.23**	
B-Sıcaklık	1	4.77	62.53**	
C-Genlik	1	0.21	2.75	
AB	1	0.31	4.04	
AC	1	0.011	0.14	
BC	1	0.019	0.25	
A^2	1	0.11	1.39	
B^2	1	3.293E-003	0.043	
C^2	1	0.13	1.75	
Uyum eksikliği	5	0.088	4.38	
Hata	1	0.020		
Genel	15			

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyu L^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.4). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki L^* değerinin süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde ve 60 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki L^* değeri, sırasıyla 27.07 ve 28.60 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 45 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda L^* değeri, 2.dakikada 26.81; 15. dakikada 27.88 olarak bulunmuştur (Ek-4). Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) da elma suyunda L^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki L^* değerinin sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde ve 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda L^* değeri, sırasıyla 26.36 ve 27.07 ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda L^* değeri, 30 °C’de 26.67; 60 °C’de 28.35 bulunmuştur. % 40 genlik değerinde 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda ise bu değer, 30 °C’de 26.66; 60 °C’de 27.96 bulunmuştur (Ek-4). Diğer taraftan, ultrasonik dalga genliğinin (C) L^* değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. ($P>0.05$; Çizelge 4.4.). Rawson ve ark. (2011), 25°-45 °C sıcaklıklarda, 24.1-60 μm genlik aralığında, 2-10 dakika ultrasonikasyon uygulanan karpuz suyunda L^* değerinin yüksek sıcaklıklarda ve artan genlik değerlerinde arttığını belirlemişlerdir. Valero ve ark. (2007) de; portakal suyu ile yaptıkları çalışmada, ultrasonikasyonun renk değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmektedirler.

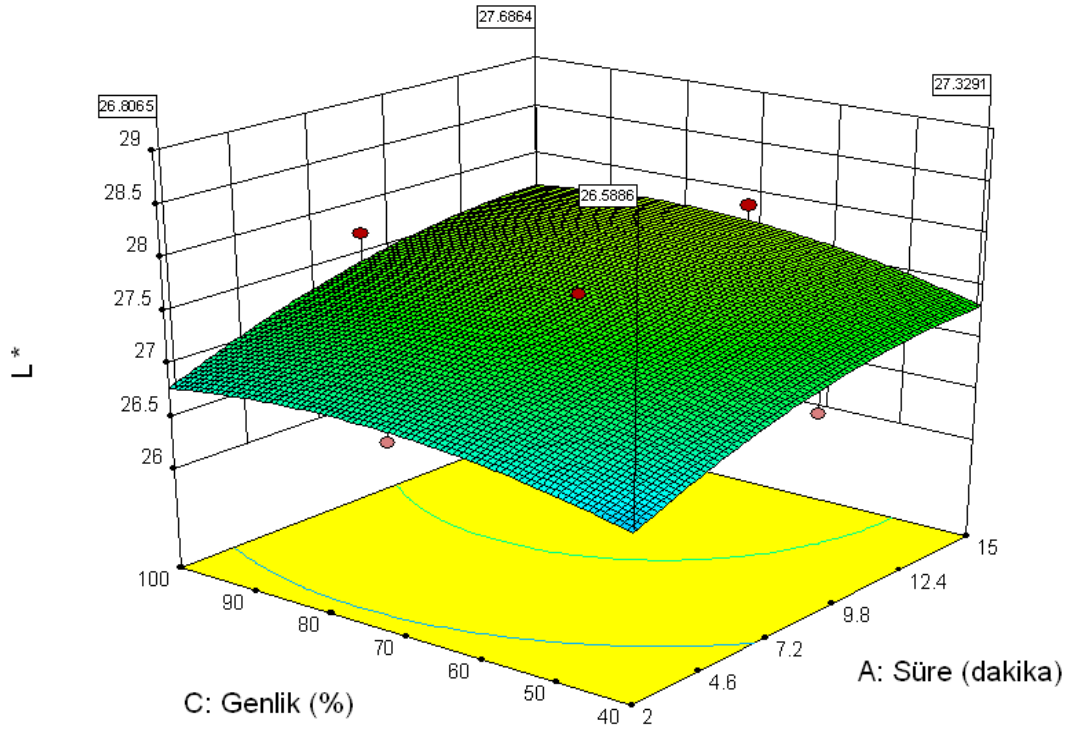
Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki L^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.10.’da görülmektedir. % 40 genlik ve 30 °C sıcaklıkta 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda L^* değeri 26.06 iken, aynı genlik

değerinde, 60 °C sıcaklıkta, 15 dakikalık ultrasonikasyondan sonra 27.96 olarak belirlenmiştir (Ek-4). Ancak, ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyu L^* değeri üzerindeki lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.4).



Şekil 4.10. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda L^* değerine etkisi

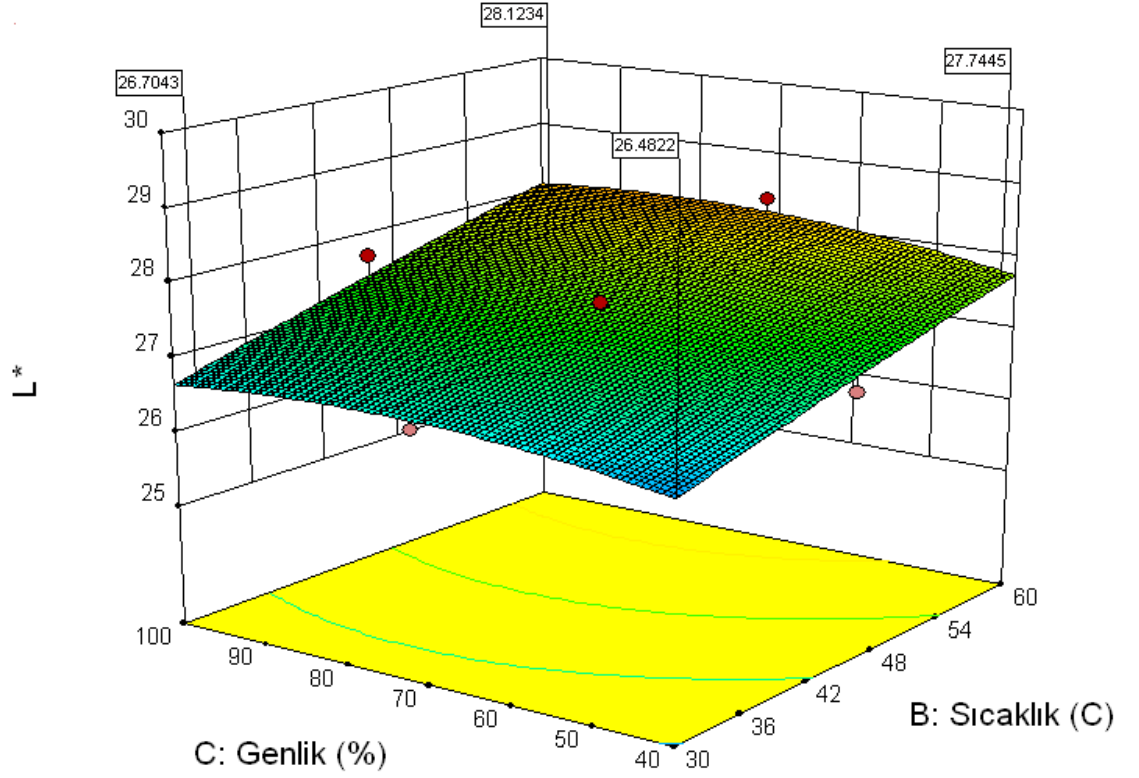
Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyu L^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.11’de görülmektedir. L^* değerinin genlik değeri arttıkça yükseldiği görülmektedir. Örneğin; elma suyu L^* değeri 30 °C sıcaklıkta, % 40 genlikte, 2 dakikalık ultrasonikasyondan sonra 26.06; aynı sıcaklıkta, % 100 genlikte 15 dakikalık uygulama sonrasında 26.50 belirlenmiştir (Ek-4). Ancak, ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin elma suyu L^* değerine lineer etkisi istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.4).



Şekil 4.11. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda L^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyu L^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.12’de görülmektedir. Buna göre; farklı genlik değerlerinde sıcaklık artışına bağlı olarak L^* değerinin yükseldiği görülmektedir. Örneğin; 2 dakika boyunca, 30 °C sıcaklıkta ve % 40 genlikte ultrasonikasyon

uygulanan elma suyunda L^* değeri 26.06 iken, aynı sürede 60 °C ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda L^* değerinin 27.07'ye yükseldiği belirlenmiştir (Ek-4). Ancak, ultrasonik dalga genliği ve sıcaklığın L^* değeri üzerindeki etkileşiminin önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.4).



Şekil 4.12. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda L^* değerine etkisi

4.6. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu a* değeri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyu a* değerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda a* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$; Çizelge 4.5). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.940 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5.'de görülmektedir.

$$a^* \text{ değeri} = 1.05 - 0.26A - 0.21B - 0.049C - 0.16AB - 0.038AC - 0.018BC + 0.15A^2 - 0.25B^2 - 0.096C^2$$

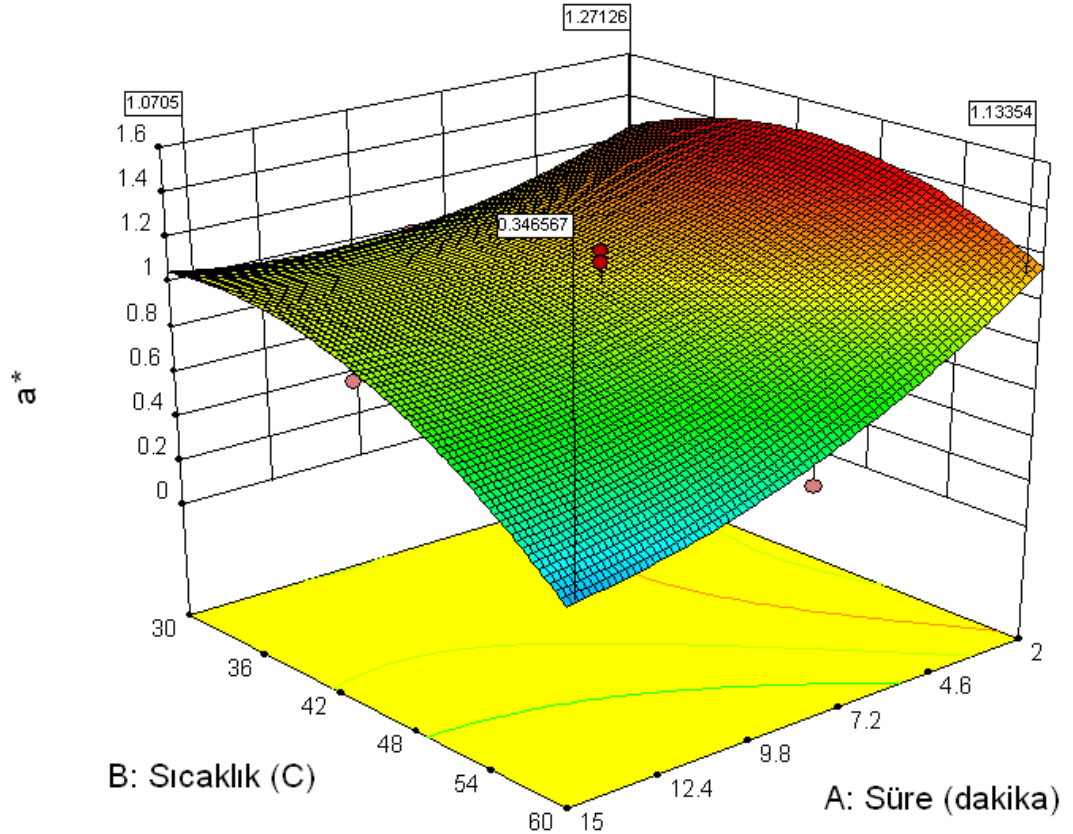
Çizelge 4.5. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda a* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	0.17	10.49**	0.9402
A-Süre	1	0.66	39.35**	
B-Sıcaklık	1	0.44	26.23**	
C-Genlik	1	0.024	1.44	
AB	1	0.19	11.54**	
AC	1	0.011	0.68	
BC	1	2.450E-003	0.15	
A ²	1	0.058	3.50	
B ²	1	0.16	9.60*	
C ²	1	0.024	1.47	
Uyum eksikliği	5	0.020	15.79	
Hata	1	1.250E-003		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

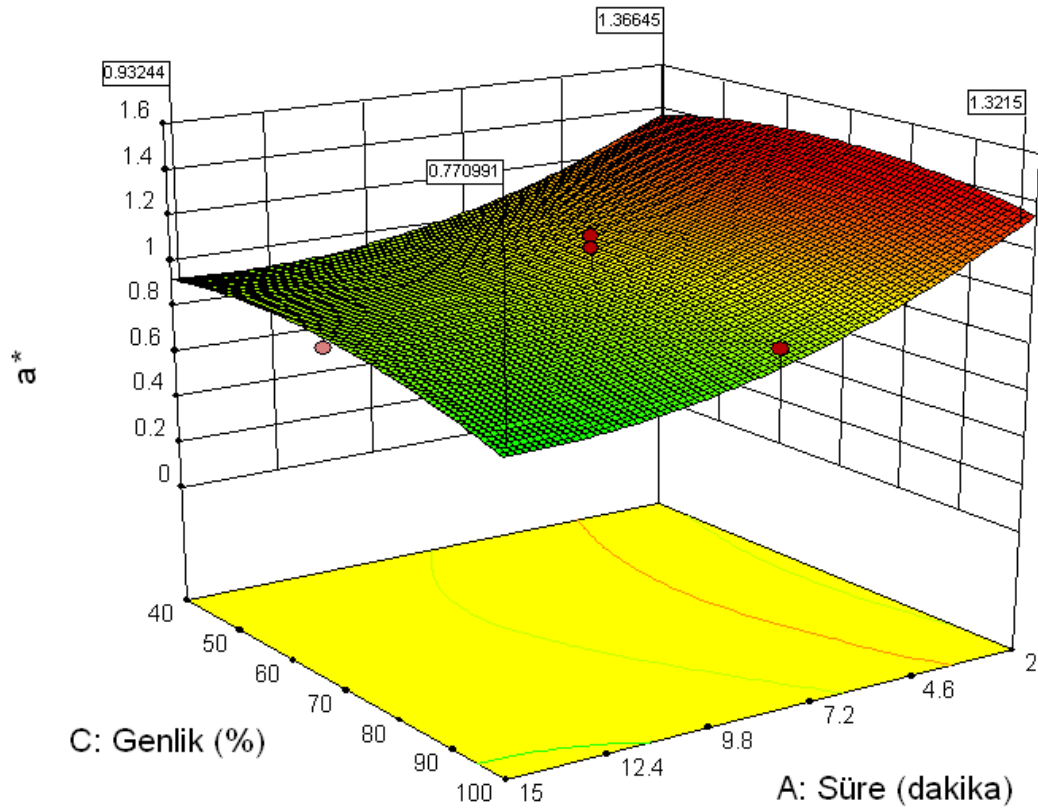
Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyu a^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.5). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyu a^* değerinin süreye bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde ve 30 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki a^* değeri, sırasıyla 1.16 ve 0.85 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 40 genlik değerinde 30 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda a^* değeri, 2. dakikada 1.19; 15. dakikada 1.08 bulunmuştur. Ultrasonikasyon sıcaklığının da (B) elma suyunda a^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.5). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki a^* değerinin sıcaklığa bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde ve 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki a^* değeri, sırasıyla 1.16 ve 1.01 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda a^* değeri, 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda sırasıyla 0.99 ve 0.50 bulunmuştur (Ek-4). % 40 genlik değerinde 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda a^* değeri, 30 °C’de 1.08; 60 °C’de 0.38 bulunmuştur. Diğer taraftan, ultrasonik dalga genliğinin (C) a^* değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.5). Bu çalışmada, ultrasonikasyondan sonra elma suyu a^* değerinde gözlenen azalış, Rawson ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışma ile uyum göstermemektedir. Rawson ve ark. (2011), ultrasonikasyon uygulanan karpuz suyunda yüksek sıcaklıklarda (35° ve 45 °C) ve yüksek genlik değerlerinde a^* değerinin arttığını bildirmektedir. Elma suyu ile yapılan bu araştırmada a^* değerindeki azalışın, seçilen sıcaklıkların ultrasonikasyon etkinliğini baskılamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyu a^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.13’de görülmektedir. % 40 genlik ve 30 °C sıcaklıkta 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 1.19 ölçülen a^* değerinin; aynı genlik değerinde 60 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 0.38’e düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca, % 100 genlik ve 30 °C sıcaklıkta 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 1.16 olarak ölçülen a^* değeri, aynı genlik değerinde 60 °C sıcaklıkta 15 dakikalık ultrasonikasyon 0.13 olarak saptanmıştır (Ek-4). Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyu a^* değeri üzerindeki lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$; Çizelge 4.5).



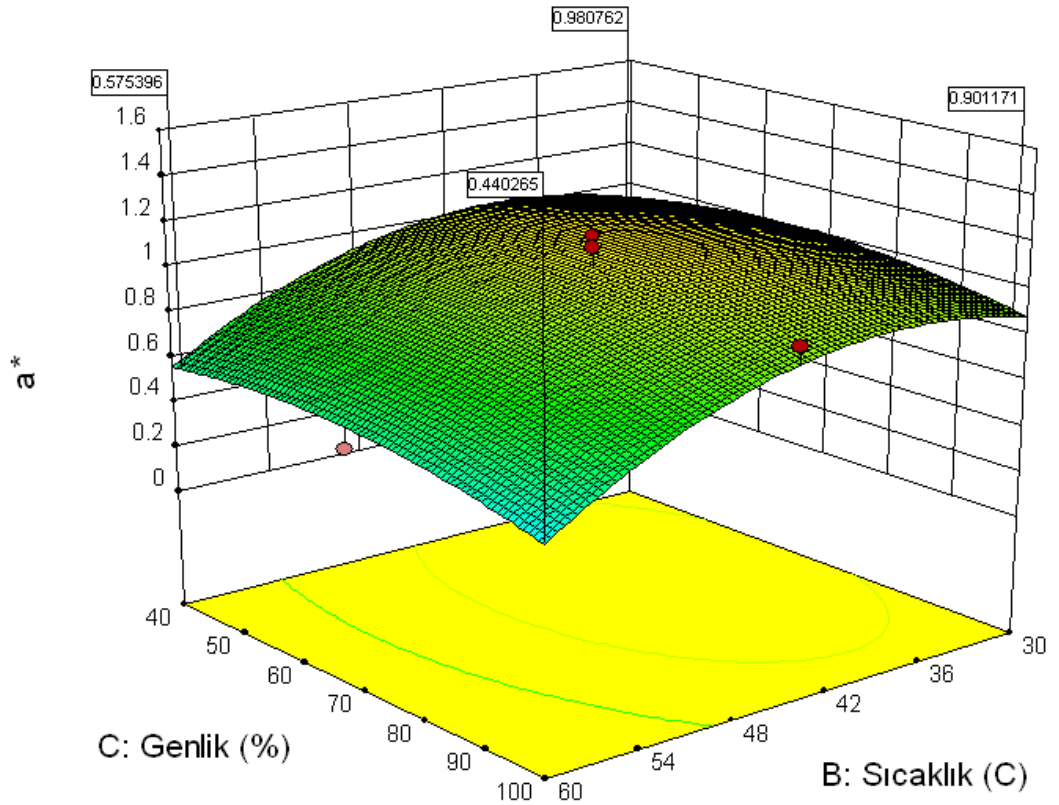
Şekil 4.13. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda a^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyu a^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.14’de görülmektedir. 30 °C sıcaklıkta ve % 40 genlikte 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda a^* değeri, 1.19 bulunurken; aynı sıcaklıkta, % 100 genlikte, 15 dakikalık ultrasonikasyon sonrasında 0.84 olarak belirlenmiştir (Ek-4). Ancak, ultrasonik genlik değeri ve süresi etkileşiminin elma suyunda a^* değerine lineer etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır (Çizelge 4.5).



Şekil 4.14. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda a^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalgı genliği etkileşiminin (BC) elma suyu a^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.15’de görölmektedir. 30 °C’de, % 40 genlik değeriinde, 2 dakikalık ultrasonikasyon sonrasında 1.19 olarak ölçölen a^* değeriinin; aynı sürede, 60 °C’de, % 100 genlik değeriinde uygulanan ultrasonikasyondan sonra 1.01’e düştüğü saptanmıştır (Ek-4). Ancak, ultrasonik dalgı genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda a^* değeri üzerindeki lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.5).



Şekil 4.15. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalgı genliğinin elma suyunda a^* değeriine etkisi

4.7. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu b* değeri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyu b* değerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunun b* değerindeki değişimin 2FI modeline uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.6). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.795 olan 2FI modeline ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da görülmektedir.

$$b^* \text{ değeri} = 8.40 + 0.25A + 0.70B + 0.091C + 0.26AB - 0.025AC + 0.095BC$$

Çizelge 4.6. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda b* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	6	1.05	5.83**	0.7954
A-Süre	1	0.61	3.40	
B-Sıcaklık	1	4.96	27.62**	
C-Genlik	1	0.083	0.46	
AB	1	0.55	3.07	
AC	1	5.000E-003	0.028	
BC	1	0.072	0.40	
Uyum eksikliği	8	0.20	33.25	
Hata	1	6.050E-003		
Genel	15			

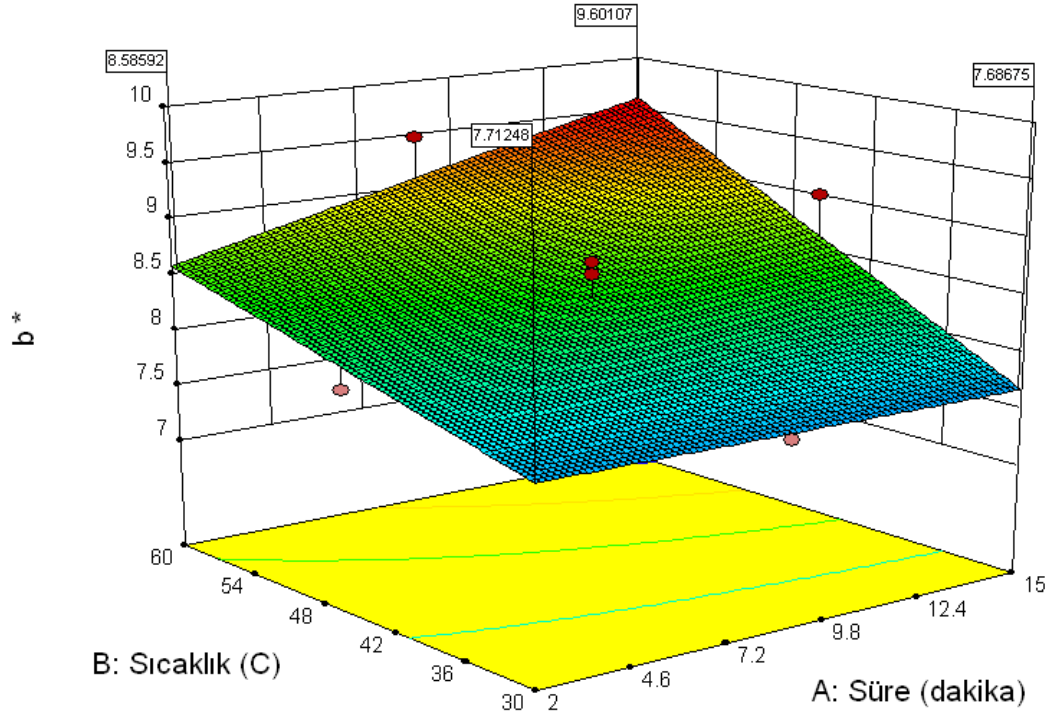
* $P<0.05$, ** $P<0.01$

Ultrasonikasyon süresi (A) ve dalga genliğinin (C) elma suyu b* değeri üzerine lineer etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$), buna karşın ultrasonikasyon sıcaklığının elma suyu b değerini önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır ($P<0.01$; Çizelge 4.6). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki b*

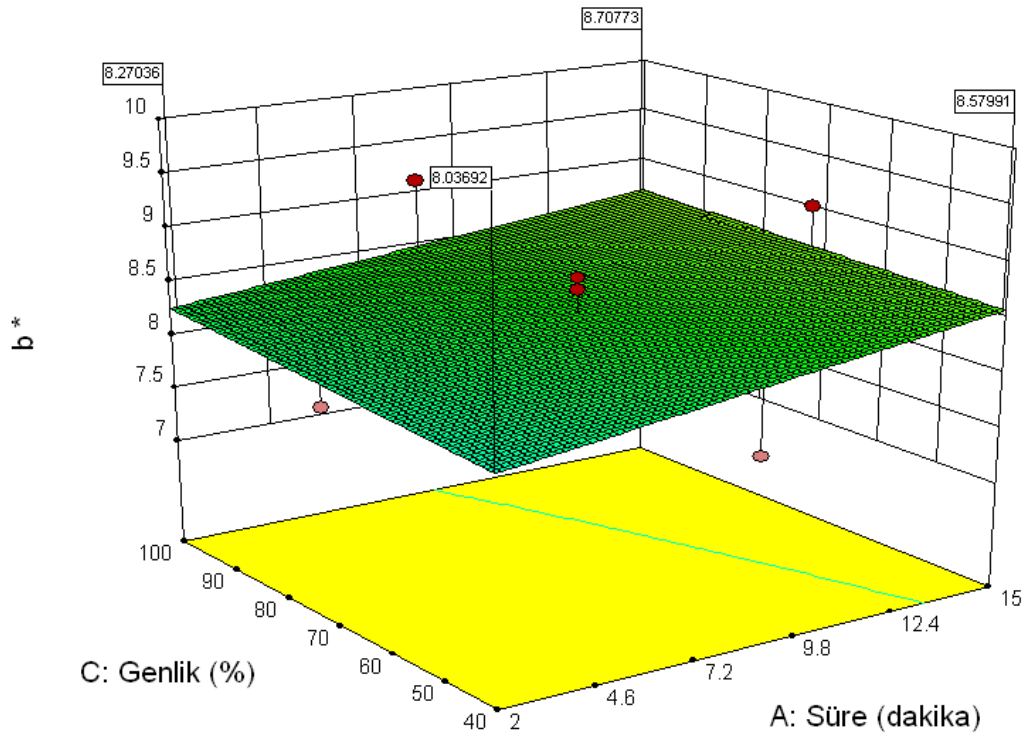
değerinin sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 70 genlik değerinde, 8.5 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki b* değeri, sırasıyla 7.64 ve 9.48 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 40 genlik değerinde 15 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda b* değeri, 30 °C’de 7.74; 60 °C’de 9.32 olarak bulunmuştur (Ek-4).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki b* değeri üzerine etkisi Şekil 4.16’da verilmektedir. Buna göre; farklı sürelerde sıcaklık artışına bağlı olarak elma suyu b* değerinin arttığı görülmektedir. Örneğin; % 40 genlikte, 30 °C sıcaklıkta, 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda b* değeri 7.81 iken, aynı genlik değerinde, 60 °C sıcaklıkta, 15 dakikalık ultrasonikasyondan sonra bu değer 9.32’ye yükselmiştir (Ek-4). Ancak; elma suyu b* değerinin ultrasonikasyon sıcaklık ve süre etkileşimine bağlı olarak artması, istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.6).

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyu b* değeri üzerine etkisi Şekil 4.17’de verilmektedir. Buna göre; b* değerinin farklı ultrasonikasyon dalga genliği değerlerinde süreye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.6).

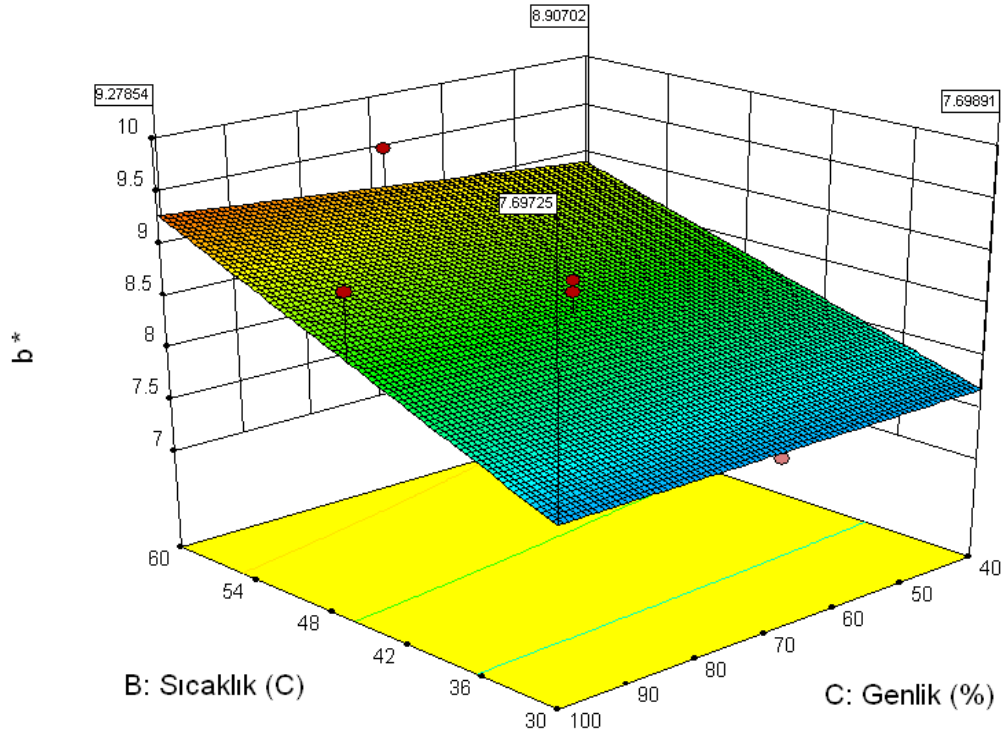


Şekil 4.16. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda b^* değerine etkisi



Şekil 4.17. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda b^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyu b^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.18’de görülmektedir. İki dakika boyunca, 30 °C sıcaklık ve % 40 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda b^* değeri, 7.81 iken; aynı sürede 60 °C ve % 100 genlikte bu değer, 8.51 ölçülmüştür (Ek-4). Ancak, ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin b^* değerinde meydana getirdiği artış, istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.6).



Şekil 4.18. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda b^* değerine etkisi

4.8. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu C* değeri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyu C* değerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyundaki C* değerinin 2FI modeline uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.7). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.779 olan 2FI modeline ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7’de görülmektedir.

$$C^* \text{ Değeri} = 8.46 + 0.22A + 0.68B + 0.084C + 0.26AB - 0.024AC + 0.099BC$$

Çizelge 4.7. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda C* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

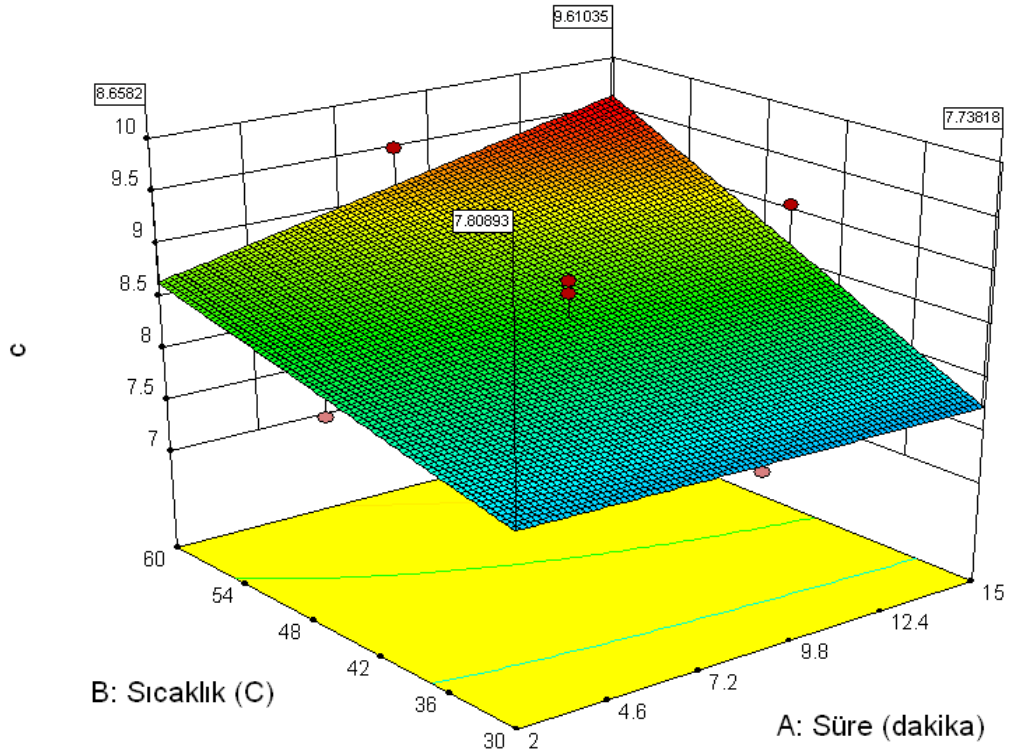
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	6	0.98	5.32**	0.7799
A-Süre	1	0.50	2.70	
B-Sıcaklık	1	4.68	25.44**	
C-Genlik	1	0.071	0.38	
AB	1	0.54	2.91	
AC	1	4.513E-003	0.025	
BC	1	0.078	0.42	
Uyum eksikliği	8	0.21		
Hata	1	7.200E-003		
Genel	15			

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyu C* değerine lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.7). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki C* değerinin sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki C* değeri, sırasıyla 7.68 ve

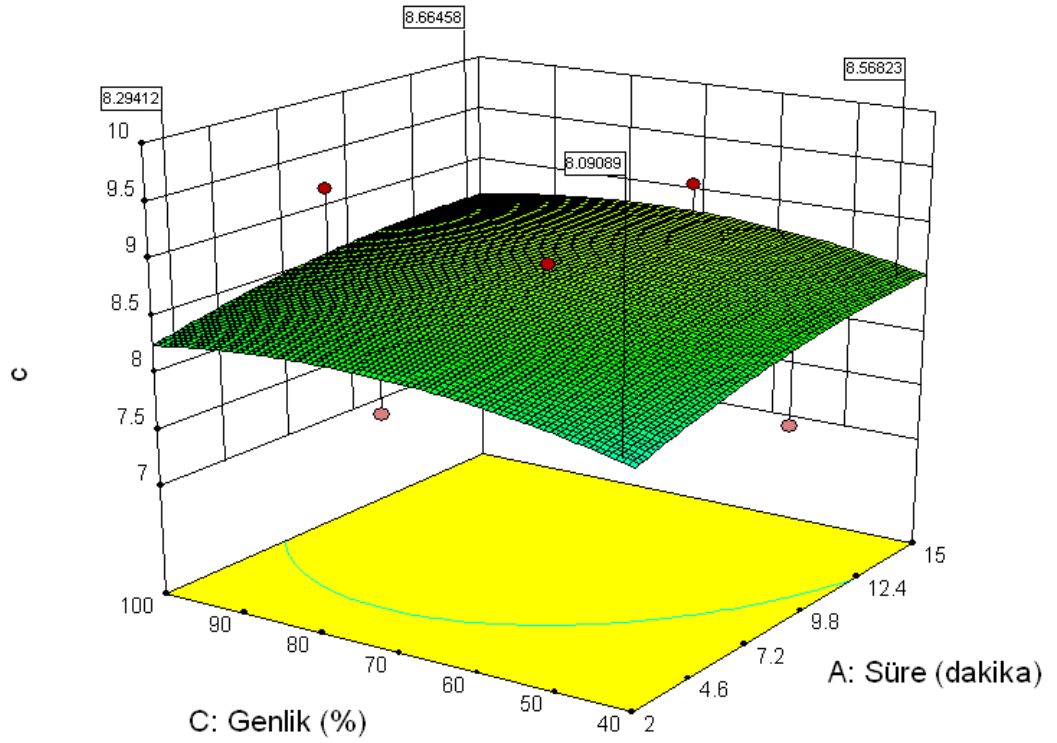
8.56 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda C^* değeri, 30 °C’de 7.71; 60 °C’de 9.50 bulunmuştur (Ek-4). Diğer taraftan, ultrasonikasyon süresi (A) ve dalga genliğinin (C) C^* değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.7).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyu C^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.19’da görülmektedir. % 40 genlik ve 30 °C sıcaklıkta 2 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda C^* değeri 7.91’den, aynı genlik değerinde 60 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 9.33’e yükselmiştir (Ek-4). Ancak, ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyu C^* değeri üzerinde gösterdiği artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.7).



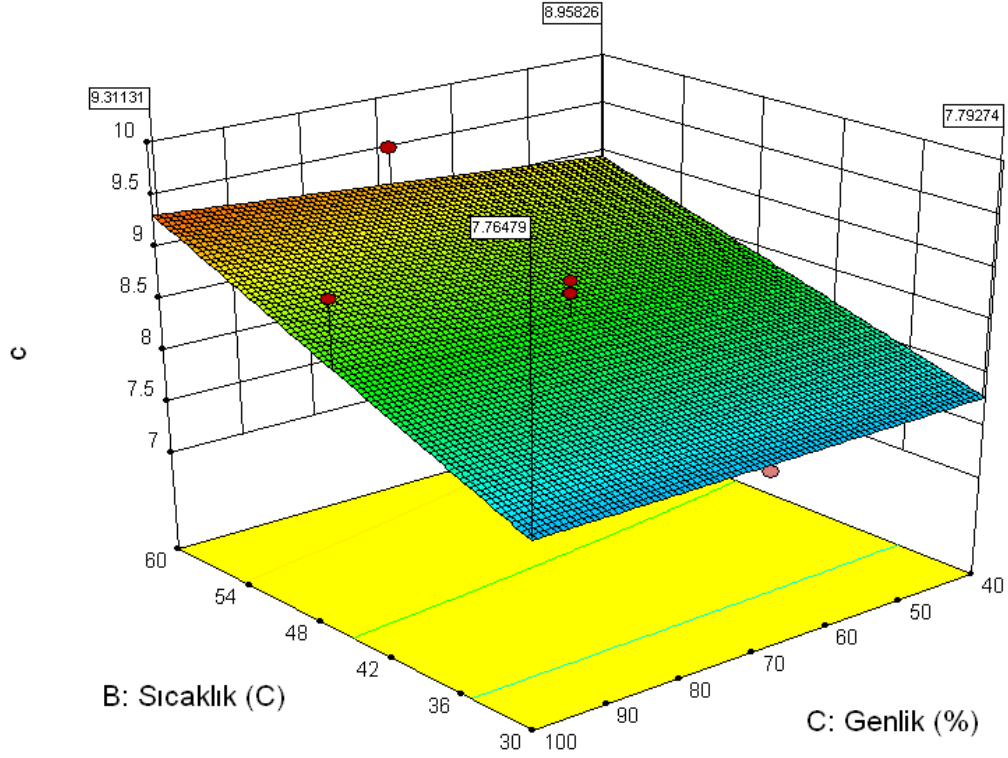
Şekil 4.19. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda C^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC); elma suyu C* değeri üzerine etkisi Şekil 4.20’de görülmektedir. 30 °C sıcaklıkta, % 40 genlikte, 2 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda C* değeri 7.91 bulunmuştur. Bu değer; aynı sıcaklıkta, % 100 genlikte, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda 7.36 ölçülmüştür (Ek-4). Ancak; farklı ultrasonikasyon dalga genliklerinde ultrasonikasyon süresine bağlı olarak gözlenen azalışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$; Çizelge 4.7).



Şekil 4.20. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda C* değerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda C* değeri üzerine etkisi Şekil 4.21’de görülmektedir. Buna göre; farklı ultrasonikasyon dalga genliklerinde uygulanan ultrasonikasyon sonrasında elma suyu C* değerinin sıcaklık artışına paralel olarak arttığı görülmektedir. Ancak; bu artışın istatistik olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.7).



Şekil 4.21. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda C* değerine etkisi

4.9. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyu h* değerine etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyu h* değerine etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda h* değerindeki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$; Çizelge 4.8). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.967 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de görülmektedir.

$$h^* \text{ Değeri} = 83.05 + 1.84A + 1.82B + 0.37C + 1.09AB + 0.21AC + 0.14BC - 1.20A^2 + 1.48B^2 + 0.61C^2$$

Çizelge 4.8. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda h* değerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

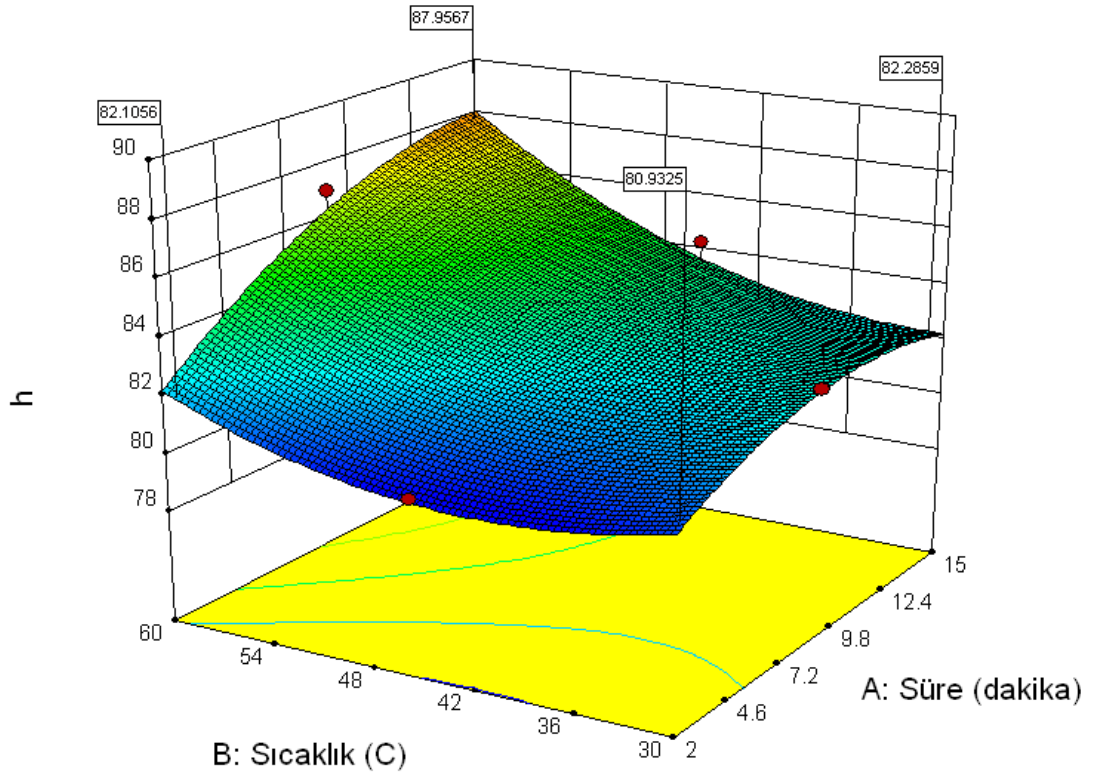
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	9.72	19.36	0.9667
A-Süre	1	33.67	67.06**	
B-Sıcaklık	1	33.05	65.82**	
C-Genlik	1	1.37	2.73	
AB	1	9.55	19.02**	
AC	1	0.34	0.69	
BC	1	0.16	0.32	
A^2	1	3.78	7.52	
B^2	1	5.76	11.47	
C^2	1	0.98	1.94	
Uyum eksikliği	5	0.60	91.28	
Hata	1	9.800E-003		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyu h^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki h^* değerinin süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 30 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki h^* değeri, sırasıyla 81.50 ve 83.42 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde, 45 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda h^* değeri, 2.dakikada 80.14; 15. dakikada 84.31 olarak bulunmuştur (Ek-4).

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) da elma suyu h^* değerine lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki h^* değerinin sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki h^* değeri, sırasıyla 81.50 ve 83.24 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda h^* değeri, 30 °C’de 82.80; 60 °C’de 87.00 olarak bulunmuştur (Ek-4). Buna karşın; ultrasonik dalga genliğinin (C) h^* değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.8).

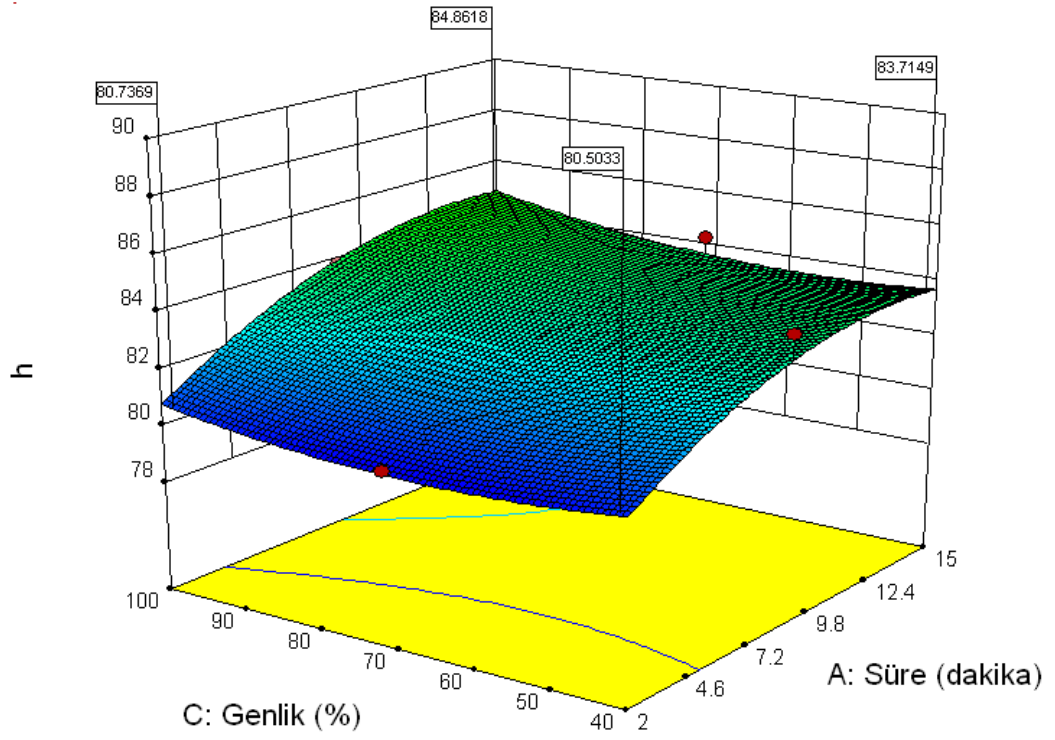
Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyu h^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.22’de görülmektedir. % 40 genlik ve 30 °C sıcaklıkta 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda h^* değeri 81.35 iken, aynı genlik değerinde 60 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda h^* değerinin 87.69 değerine yükseldiği belirlenmiştir (Ek-4). Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyu h^* değeri üzerine lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$; Çizelge 4.8).



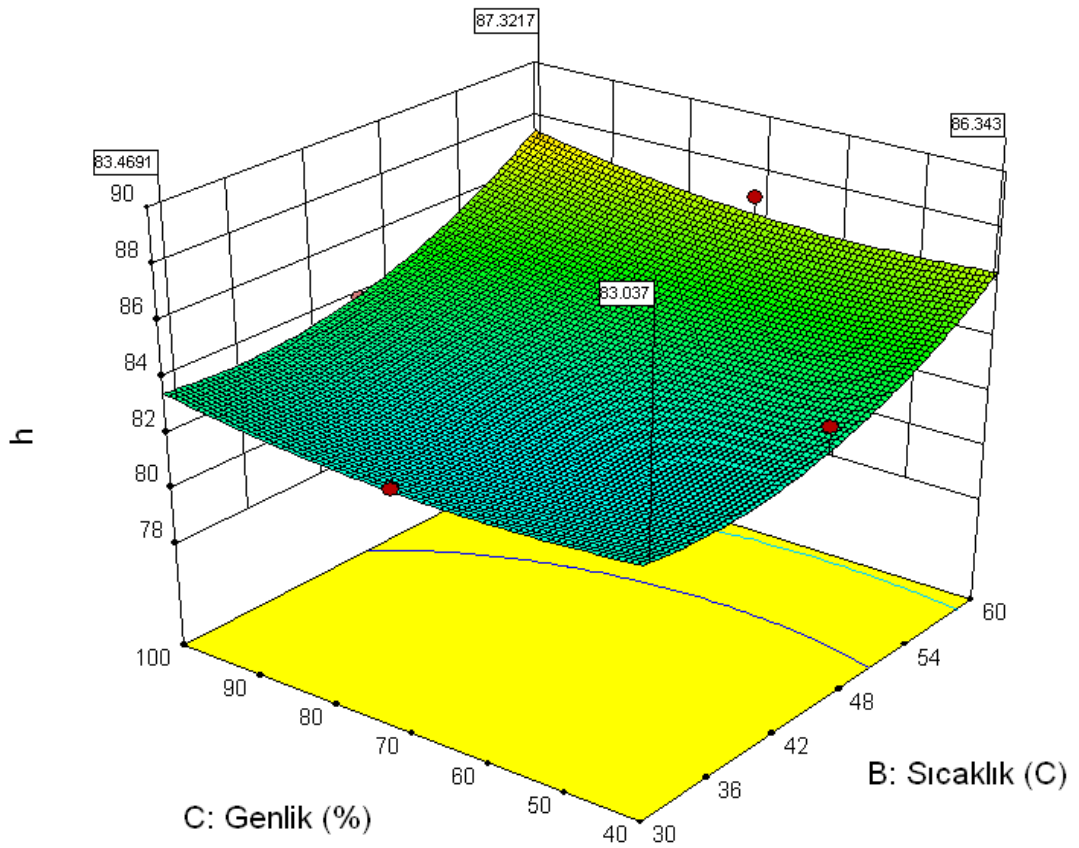
Şekil 4.22. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda h^* değerine etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda h^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.23’de görülmektedir. Buna göre; farklı ultrasonikasyon genlik değerlerinde süreye bağlı olarak gözlenen artışın önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.8).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda h^* değeri üzerine etkisi Şekil 4.24’de görülmektedir. Buna göre; farklı ultrasonikasyon genlik değerlerinde sıcaklığa bağlı olarak gözlenen artışın önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.8).



Şekil 4.23. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda h^* değerine etkisi



Şekil 4.24. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda h^* değerine etkisi

4.10. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonundaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$; Çizelge 4.9). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.945 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da görülmektedir.

$$\text{Escherichia coli O157:H7 inaktivasyon denklemi} = 3.00 - 1.11A - 2.68B - 0.56C + 0.15AB + 0.37AC - 0.32BC + 0.58A^2 - 0.38B^2 + 0.21C^2$$

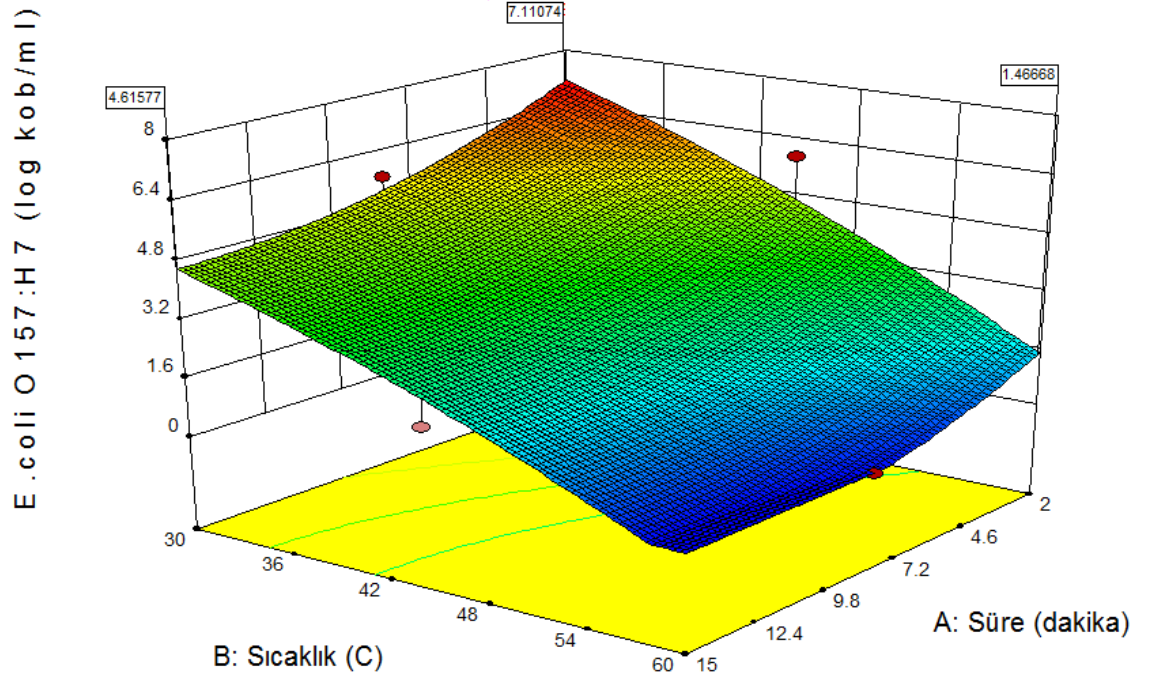
Çizelge 4.9. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	10.09	11.57**	0.9455
A-Süre	1	12.37	14.18**	
B-Sıcaklık	1	71.77	82.30**	
C-Genlik	1	3.18	3.65	
AB	1	0.17	0.20	
AC	1	1.12	1.28	
BC	1	0.83	0.95	
A^2	1	0.90	1.03	
B^2	1	0.38	0.44	
C^2	1	0.12	0.14	
Uyum eksikliği	5	1.04	19.02	
Hata	1	0.054		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonunun sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 2 dakika süreyle, 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 sayısı, sırasıyla 6.91 log kob/mL ve 4.93 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 sayısı, 30 °C’de 5.68 log kob/mL; 60 °C’de 0 log kob/mL bulunmuştur. Aynı ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinde elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonunun ultrasonikasyon genlik değerine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Örneğin; 30 °C’de 2 dakika süreyle % 40 ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 sayısı, sırasıyla 7.12 log kob/mL ve 6.91 log kob/mL bulunmuştur. Ayrıca, 30 °C’de 15 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 sayısı % 40 genlikte 5.04 log kob/mL ve % 100 genlikte 1.41 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5). Ancak; *Escherichia coli* O157:H7’de gözlenen bu inaktivasyon istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.9).

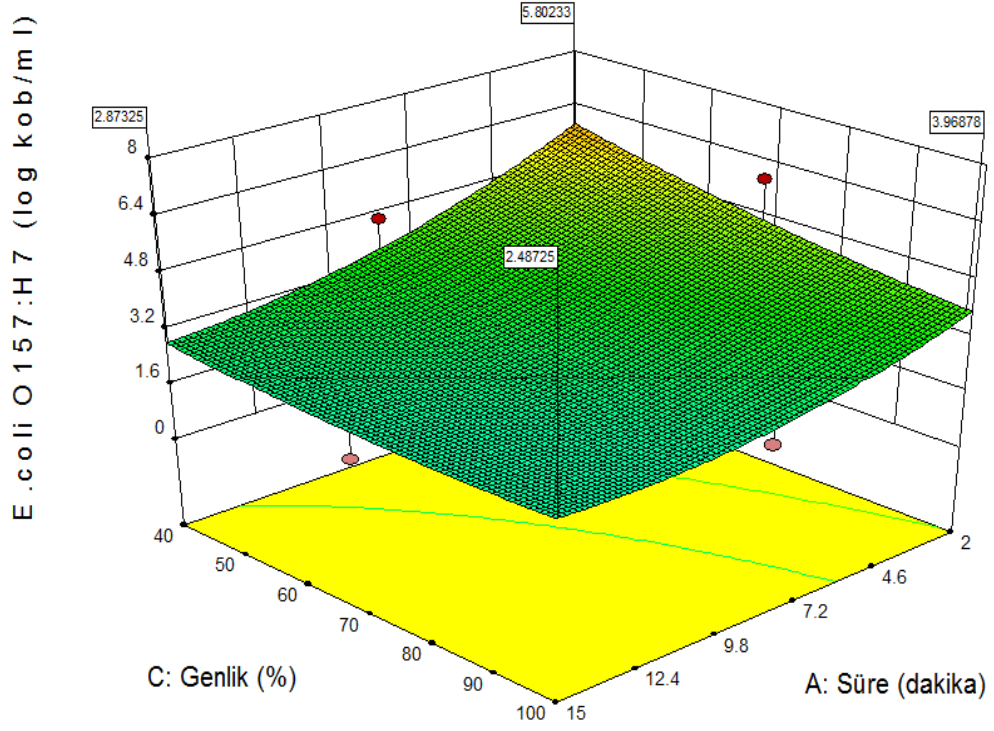
Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.25’de görülmektedir. Ultrasonikasyon genlik değeri ve sıcaklık arttıkça *Escherichia coli* O157:H7 sayısında azalma olduğu görülse de bu inaktivasyonun istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.9).



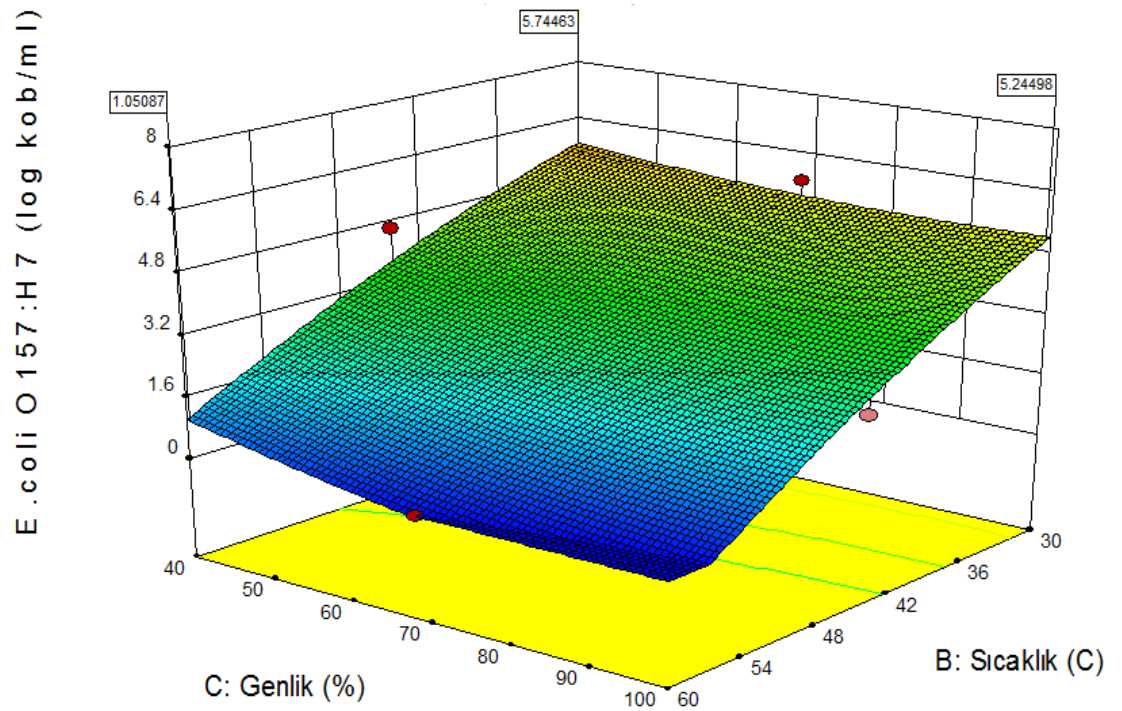
Şekil 4.25. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.26’da görülmektedir. Buna göre; farklı genlik değerlerinde ultrasonikasyon sıcaklığına bağlı olarak *Escherichia coli* O157:H7 sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak, bu azalışın önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.9).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.27’de görülmektedir. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve genlik değerindeki artışa bağlı olarak *Escherichia coli* O157:H7 sayısının azaldığı anlaşılmaktadır. Ancak; bu iki parametre etkileşiminin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonunda önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.9).



Şekil 4.26. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi



Şekil 4.27. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisi

4.11. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonundaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.10). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.9490 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da görülmektedir.

$$\text{Salmonella Typhimurium inaktivasyon denklemi} = 0.48 - 0.85A - 2.55B - 0.21C + 0.85AB - 0.51AC + 0.45BC + 0.11A^2 + 1.95B^2 + 0.034C^2$$

Çizelge 4.10. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

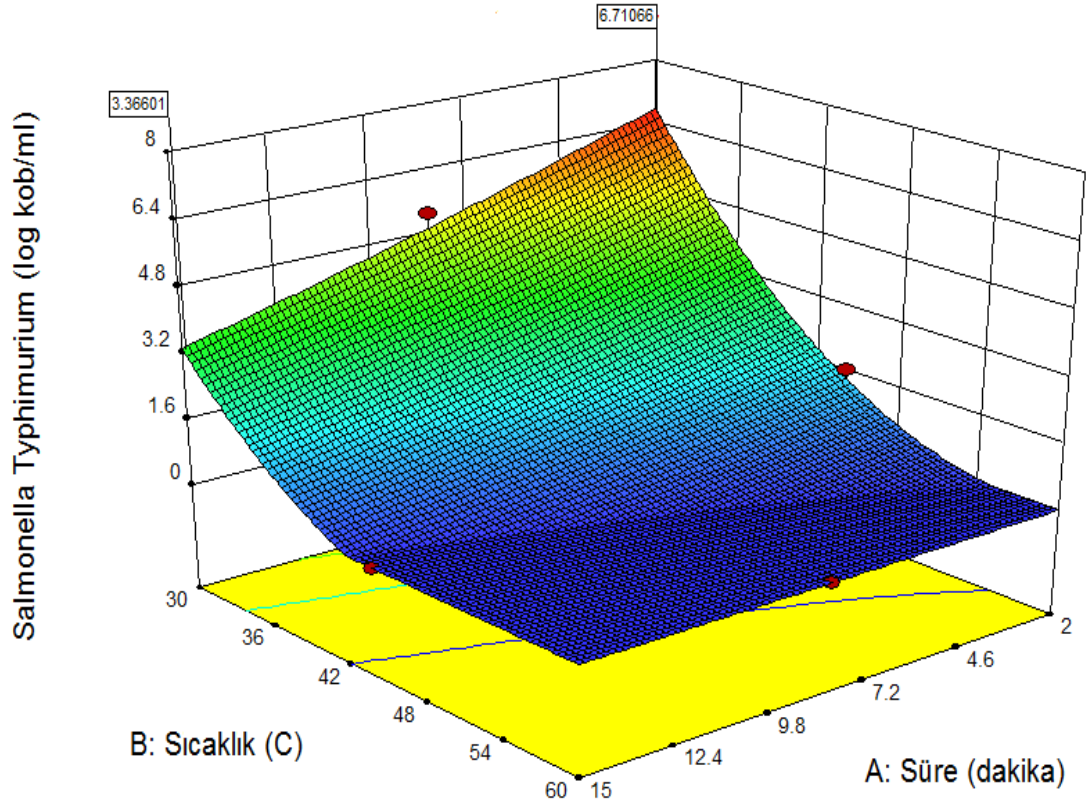
Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	10.80	12.40**	0.9490
A-Süre	1	7.19	8.25*	
B-Sıcaklık	1	64.77	74.34**	
C-Genlik	1	0.43	0.49	
AB	1	5.83	6.69*	
AC	1	2.07	2.38	
BC	1	1.59	1.83	
A^2	1	0.031	0.036	
B^2	1	10.06	11.55	
C^2	1	2.980E-003	2.430	
Uyum eksikliği	5	1.05		
Hata	1	0.000		
Genel	15			

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonunun süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 40 genlik değerinde, 30 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium sayısı, sırasıyla 6.61 log kob/mL ve 5.23 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 45 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Salmonella* Typhimurium sayısı, 2.dakikada 1.65 log kob/mL; 15. dakikada 0 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

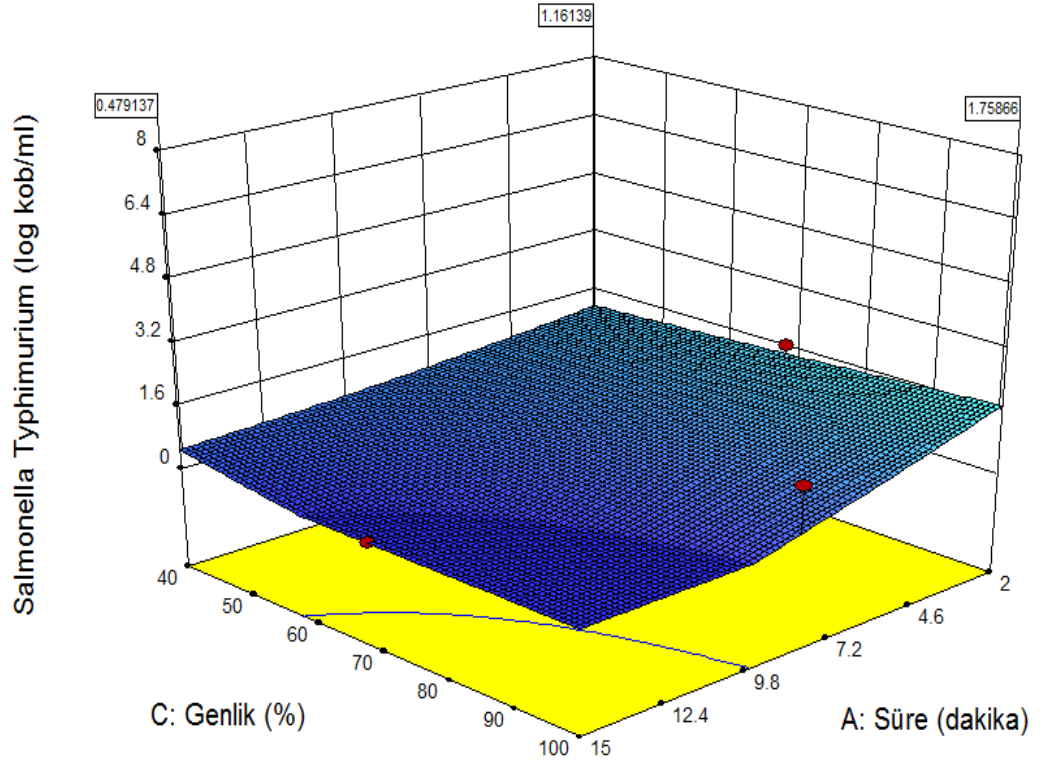
Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonunun sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde ve 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium sayısı, sırasıyla 6.86 log kob/mL ve 0 log kob/mL olarak ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Salmonella* Typhimurium sayısı, 30 °C’de 5.34 log kob/mL; 60 °C’de 0 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5). Diğer taraftan, ultrasonik dalga genliğinin (C), *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.11). Aynı sıcaklık ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonunun genliğe bağlı olarak da arttığı belirlenmiştir. Örneğin; 30 °C’de 15 dakika süreyle % 40 ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium sayısı, sırasıyla 5.23 log kob/mL ve 1.41 log kob/mL olarak bulunmuştur (Ek-5).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.28’de görülmektedir. % 40 genlikte, 30 °C sıcaklıkta, 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Salmonella* Typhimurium sayısı 6.61 log kob/mL iken, aynı genlik değerinde, 60 °C sıcaklıkta, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda bu sayı 0 log kob/mL belirlenmiş (Ek-5) ve ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$; Çizelge 4.10).



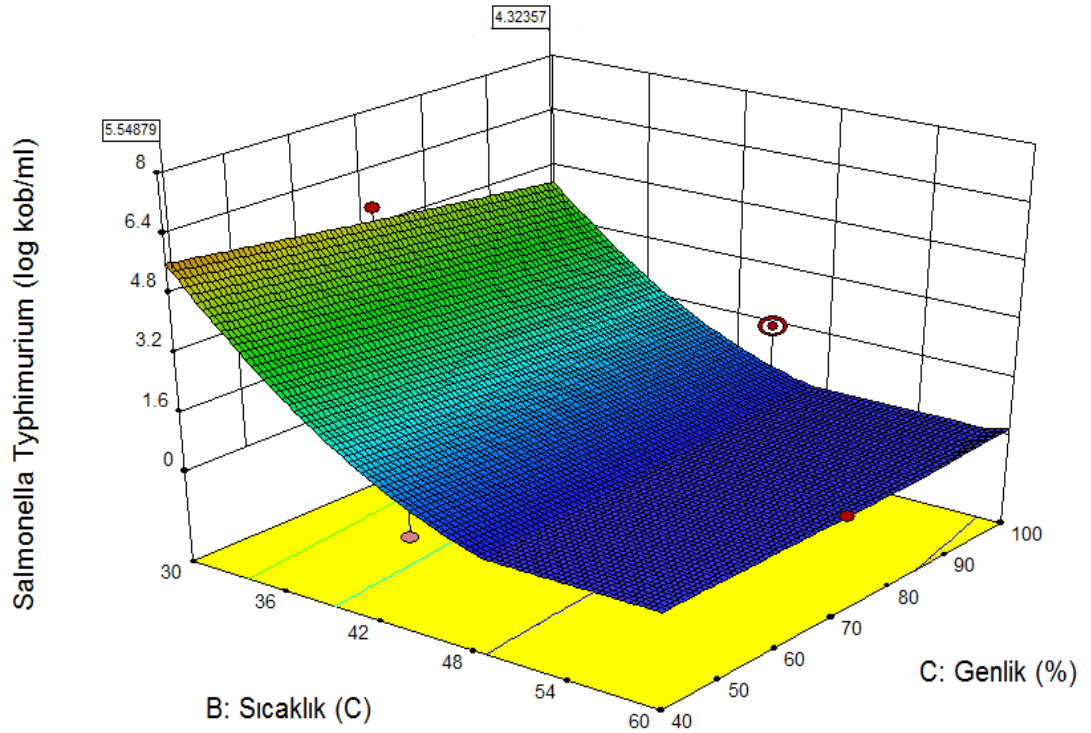
Şekil 4.28. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.29’da görülmektedir. 30 °C sıcaklıkta, % 40 genlikte, 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Salmonella* Typhimurium sayısı 6.61 log kob/mL bulunurken, aynı sıcaklıkta ve % 100 genlikte, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda bu değerin 1.41 log kob/mL’ye düştüğü belirlenmiştir (Ek-5). Ancak, ultrasonik genlik değeri ve süresi etkileşiminin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.10).



Şekil 4.29. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.30'da görülmektedir. 2 dakika boyunca, 30 °C sıcaklık ve % 40 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Salmonella* Typhimurium sayısı 6.61 log kob/mL iken; aynı sürede, 60 °C ve % 100 genlikte ultrasonikasyondan sonra bu sayının 0 log kob/mL'ye düştüğü görülmüştür (Ek-5). Ancak, ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.10).



Şekil 4.30. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda *Salmonella* Typhimurium inaktivasyonuna etkisi

4.12. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonundaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.01$; Çizelge 4.11). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.947 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11.'de görülmektedir.

$$\text{Listeria monocytogenes inaktivasyon denklemi} = 4.68 - 1.03A - 1.12B - 0.56C - 0.10AB - 0.69AC + 0.17BC + 0.40A^2 - 0.51B^2 - 0.20C^2$$

Çizelge 4.11. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	3.51	12.03**	0.9475
A-Süre	1	10.65	36.44**	
B-Sıcaklık	1	12.54	42.92**	
C-Genlik	1	3.17	10.85**	
AB	1	0.086	0.29	
AC	1	3.85	13.17**	
BC	1	0.23	0.80	
A^2	1	0.42	1.44	
B^2	1	0.69	2.34	
C^2	1	0.11	0.38	
Uyum eksikliği	5	0.35	779.14*	
Hata	1	4.500E-004		
Genel	15			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

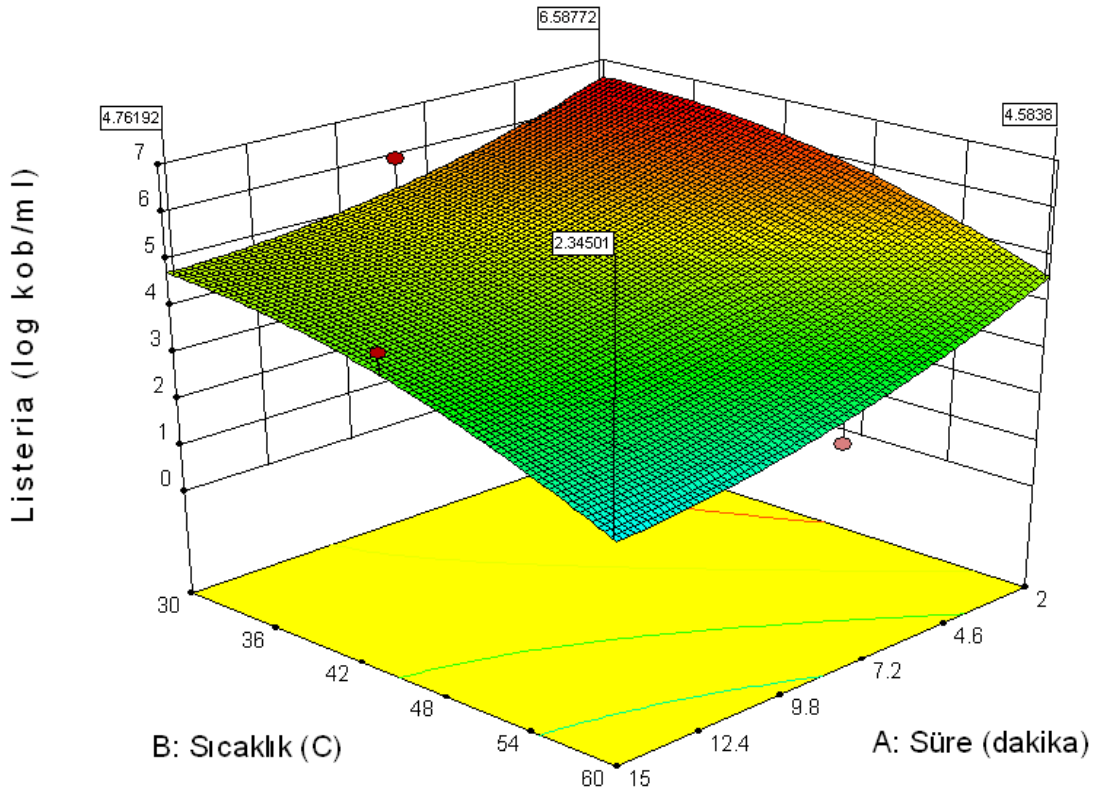
Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.11). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunun süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 40 genlik değerinde ve 30 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* sayısı, sırasıyla 6.48 log kob/mL ve 5.88 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 45 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı, 2.dakikada 5.84 log kob/mL; 15. dakikada 4.49 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.11). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunun sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 2 dakika süreyle 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* sayısı, sırasıyla 6.21 log kob/mL ve 4.75 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı, 30 °C’de 5.93 log kob/mL; 60 °C’de 2.58 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

Ultrasonik dalga genliğinin (C) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.11). Aynı sıcaklık ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunun genliğe bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Örneğin; 30 °C’de, 2 dakika süreyle % 40 ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* sayısı, sırasıyla 6.48 log kob/mL ve 6.21 log kob/mL bulunmuştur. Ayrıca, 30 °C’de 15 dakika süreyle

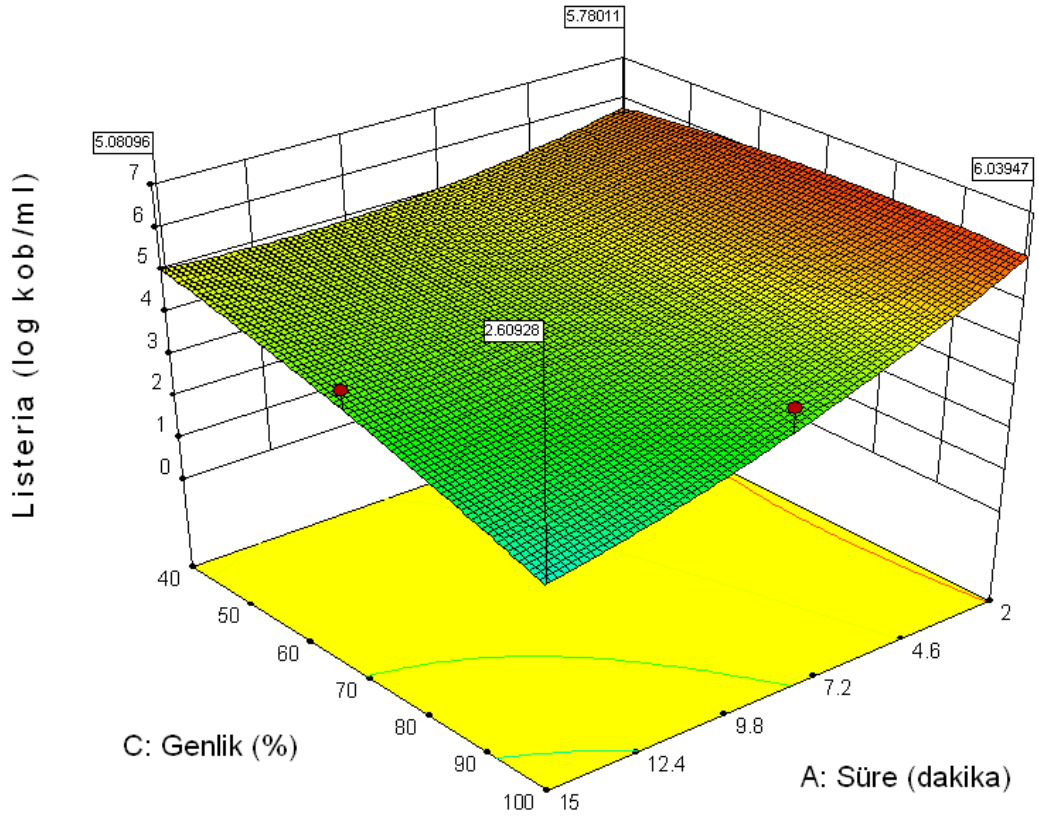
ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *Listeria monocytogenes* sayısı % 40 genlikte 5.88 log kob/mL ve % 100 genlikte 2.74 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki *Listeria monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.31’de görülmektedir. % 40 genlikte, 30 °C sıcaklıkta, 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı 6.48 log kob/mL iken; aynı genlik değerinde, 60 °C sıcaklıkta, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı, 3.32 log kob/mL olarak belirlenmiştir (Ek-5). Ancak, ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonu üzerine lineer etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.11).



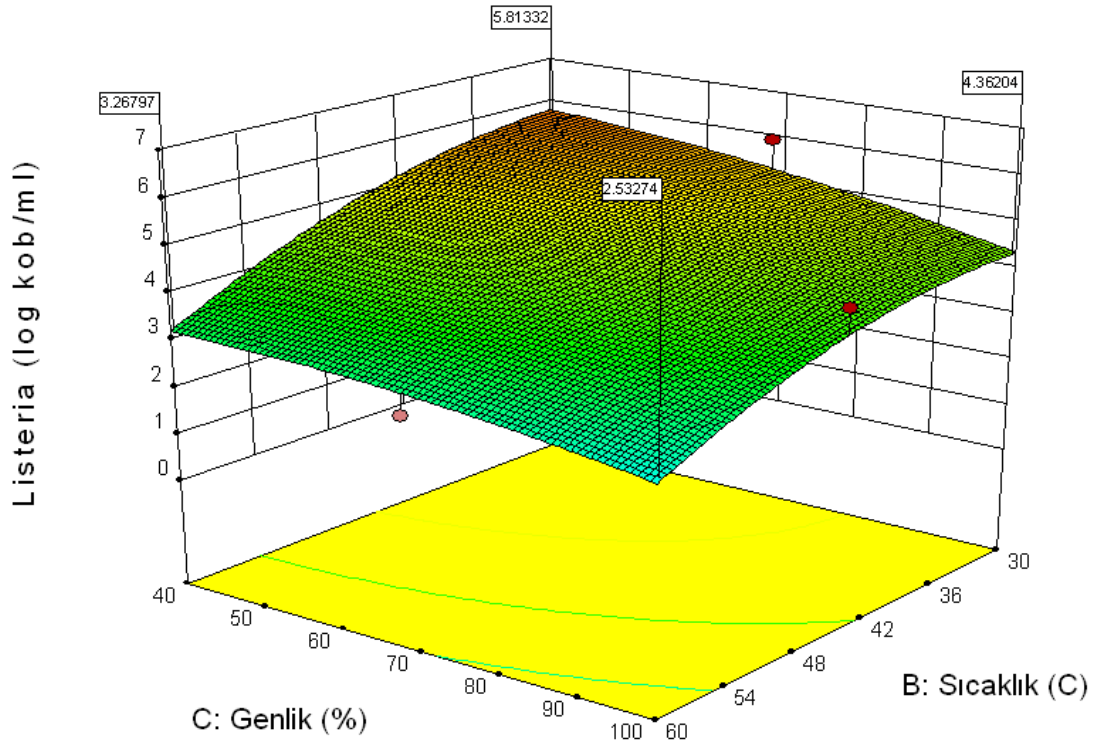
Şekil 4.31. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.32’de görülmektedir. 30 °C sıcaklıkta, % 40 genlikte, 2 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı 6.48 log kob/mL olarak bulunurken, aynı sıcaklıkta, % 100 genlikte, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda bu sayının, 2.74 log kob/mL’ye düştüğü saptanmıştır (Ek-5). Ultrasonikasyon genlik değeri ve süresi etkileşiminin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli bulunmuştur ($P>0.05$; Çizelge 4.11).



Şekil 4.32. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.33’de görülmektedir. 2 dakika boyunca, 30 °C sıcaklık ve % 40 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısı 6.48 log kob/mL iken, aynı sürede 60 °C ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda *Listeria monocytogenes* sayısının 4.75 log kob/mL’ye düştüğü belirlenmiştir (Ek-5). Ancak, ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.11).



Şekil 4.33. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna etkisi

4.13. Ultrasonikasyon koşullarının (sıcaklık, ultrasonik dalga genliği ve ultrasonikasyon süresi) elma suyunda maya- küf inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin, elma suyundaki maya-küf inaktivasyonuna etkisi yanıt yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Elma suyunda maya - küf inaktivasyonundaki değişimin karesel modele uygunluk gösterdiği ve bu modelin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.12). Determinasyon katsayısı (R^2), 0.9711 olan karesel modele ilişkin eşitlik aşağıda görülmektedir. Modele ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12’de görülmektedir.

$$\text{Maya-küf İnaktivasyonu} = 2.68-0.30A-2.38B-0.24C+0.19AB+6.250E-003AC+0.074BC+0.48A^2-0.53B^2-0.19C^2$$

Çizelge 4.12. Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda Maya ve Küf inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	K.O.	F	R^2
Model	9	6.63	22.42**	0.9711
A-Süre	1	0.88	2.96	
B-Sıcaklık	1	56.69	191.73**	
C-Genlik	1	0.56	1.90	
AB	1	0.30	1.02	
AC	1	3.125E-004	1.057E-003	
BC	1	0.044	0.15	
A^2	1	0.61	2.05	
B^2	1	0.75	2.55	
C^2	1	0.090	0.31	
Uyum eksikliği	5	0.30	196.92*	
Hata	1	0.35		
Genel	15			

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

Ultrasonikasyon süresinin (A) elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.12). Aynı genlik değeri ve sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf inaktivasyonunun süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 40 genlik değerinde ve 30 °C sıcaklıkta 2 ve 15 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf sayısı, sırasıyla 5.46 log kob/mL ve 4.66 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 45 °C sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda maya-küf sayısı, 2.dakikada 3.80 log kob/mL; 15. dakikada 2.39 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

Ultrasonikasyon sıcaklığının (B) elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$; Çizelge 4.12). Aynı genlik değeri ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf inaktivasyonunun sıcaklığa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Örneğin; % 100 genlik değerinde, 2 dakika süreyle, 30 °C ve 60 °C sıcaklıklarda ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki *maya-küf* sayısı, sırasıyla 5.14 log kob/mL ve 0 log kob/mL ölçülmüştür. Ayrıca, % 70 genlik değerinde 8.5 dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda maya-küf sayısı, 30 °C’de 4.16 log kob/mL; 60 °C’de 0 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

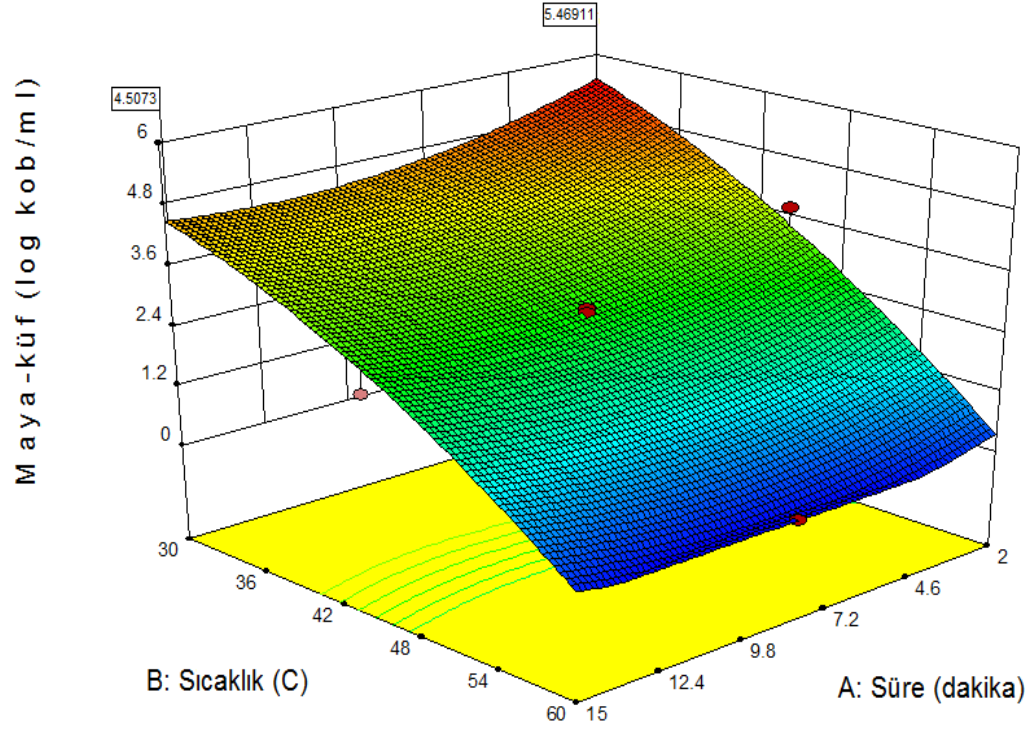
Diğer taraftan, ultrasonik dalga genliğinin (C) maya-küf inaktivasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmış olsa da ($P>0.05$; Çizelge 4.12), aynı sıcaklık ve sürede ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf inaktivasyonunun genliğe bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Örneğin; 30 °C’de 2 dakika süreyle % 40 ve % 100 genlikte ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf sayısı, sırasıyla 5.46 log kob/mL ve 5.14 log kob/mL bulunmuştur. Ayrıca, 30 °C’de 15

dakika süreyle ultrasonikasyon uygulanan elma suyundaki maya-küf sayısı % 40 genlikte 4.66 log kob/mL ve % 100 genlikte 4.39 log kob/mL bulunmuştur (Ek-5).

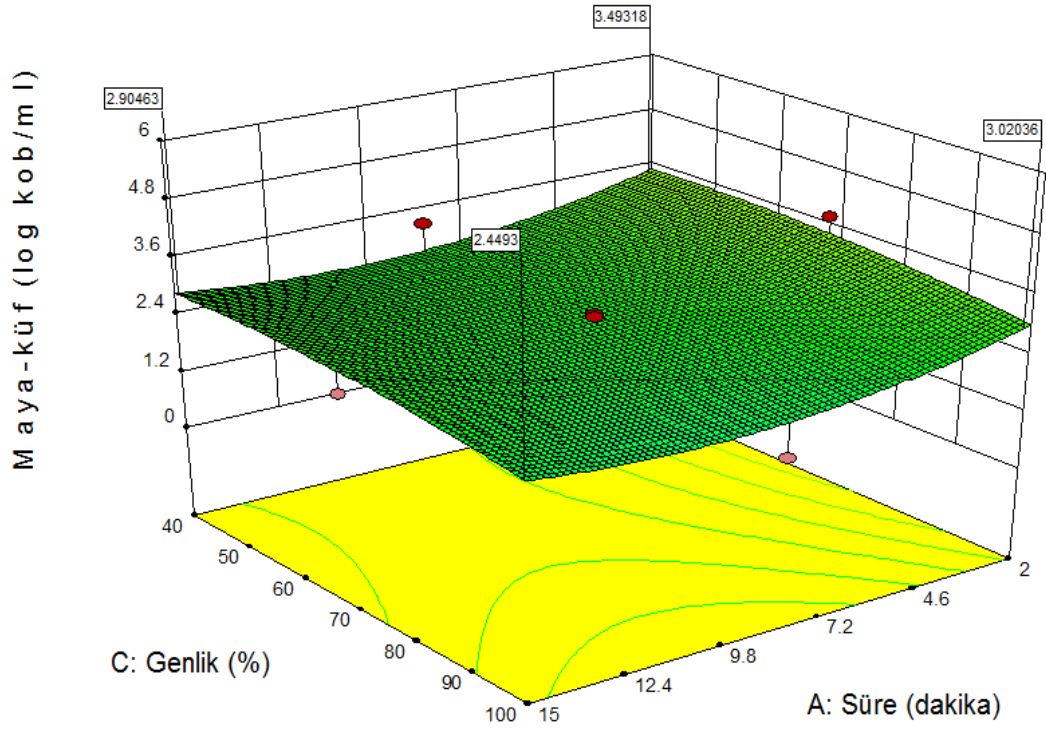
Abid ve ark. (2013); 20 °C’de, 25 kHz frekansta, 30, 60 ve 90 dakika ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, maya ve küf sayılarında 3.21 log kob/mL’den 1.99 log kob/mL’ye düşüşün gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Mikrobiyal inaktivasyonun, ultrasonikasyon sırasında oluşan kavitasyonun oluşturduğu basınç ve sıcaklık artışından ve ortamda oluşan serbest hidroksil radikallarının maya-küflerin biyolojik özelliklerinde hasara yol açarak inaktivasyonu gerçekleştirdiğinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Abid ve ark., 2013).

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin (AB) elma suyundaki maya-küf inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.34’de görülmektedir. % 40 genlikte, 30 °C sıcaklıkta, 2 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda maya-küf sayısı 5.46 log kob/mL iken, aynı genlik değerinde, 60 °C sıcaklıkta, 15 dakika boyunca ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda maya-küf sayısının 0 log kob/mL’ye düştüğü belirlenmiştir (Ek-5). Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresi etkileşiminin elma suyunda maya-küf inaktivasyonu üzerine lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$; Çizelge 4.12).

Ultrasonikasyon süresi ve genlik değeri etkileşiminin (AC) elma suyunda maya ve küf inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.35’de görülmektedir. Ultrasonik genlik değeri ve süresi etkileşiminin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) Çizelge 4.12’den görülmektedir.

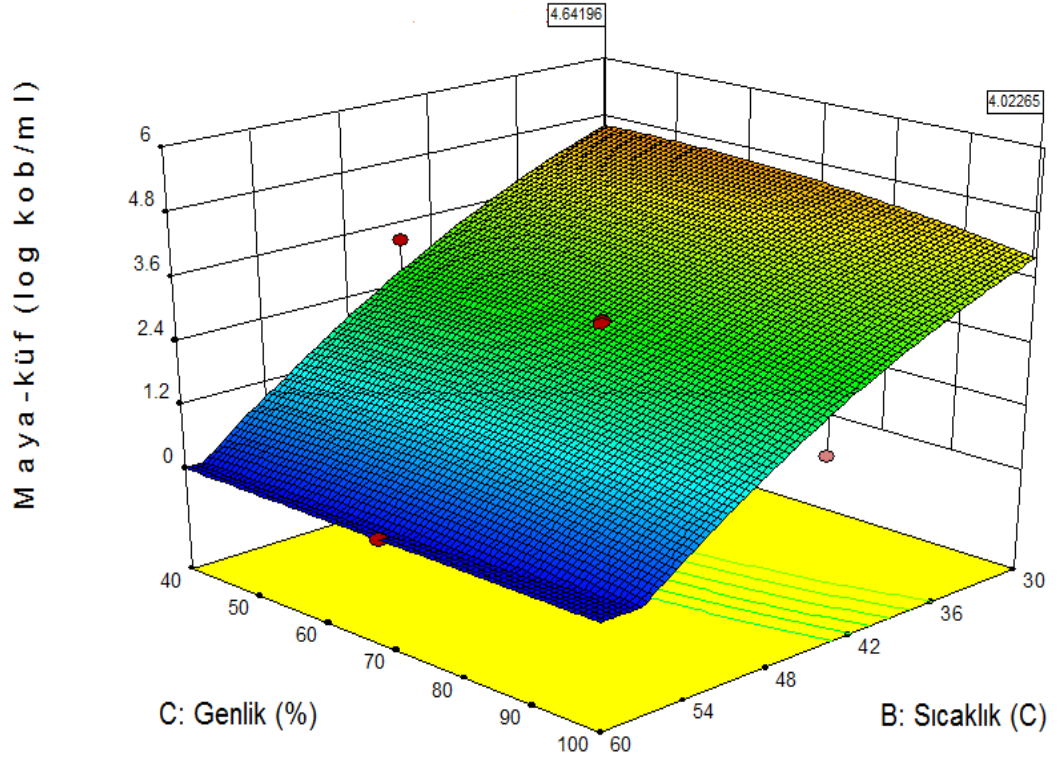


Şekil 4.34. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve süresinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi



Şekil 4.35. Ultrasonik dalga genliği ve süresinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi

Ultrasonikasyon sıcaklığı ve ve dalga genliği etkileşiminin (BC) elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.36’da görülmektedir. Ultrasonik dalga genliği ve sıcaklık etkileşiminin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna lineer etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$; Çizelge 4.12).



Şekil 4.36. Ultrasonikasyon sıcaklığı ve dalga genliğinin elma suyunda maya-küf inaktivasyonuna etkisi

5. SONUÇLAR

1. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, esmerleşme indeksinin karesel modele uygunluk gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.01$). Esmerleşme indeksinin, ultrasonikasyon süresi ve sıcaklığına bağlı olarak önemli düzeyde arttığı saptanmıştır ($P<0.01$). Ultrasonik dalga genliğinin ise esmerleşme indeksi üzerinde önemli bir etki yaratmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).
2. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, toplam fenolik madde miktarındaki değişim karesel modele uygunluk göstermiştir ($P<0.05$). Ultrasonikasyon sıcaklığına bağlı olarak toplam fenolik madde miktarındaki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.05$); ultrasonik dalga genliği ve süresine bağlı olarak gözlenen değişimin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).
3. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, bulanıklıktaki değişime ilişkin model, karesel bulunmuştur ($P<0.05$). Ultrasonikasyon süresinin, bulanıklığı önemli düzeyde artırdığı ($P<0.05$) belirlenmiştir. Ultrasonik dalga genliği ve sıcaklığının ise bulanıklık üzerindeki etkisinin önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Bulanıklıktaki artışın, ultrasonikasyon sırasındaki kavitasyonun oluşturduğu

yüksek basıncın kolloidal partikülleri ve makro molekülleri parçalayarak daha küçük molekülleri oluşturmaktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, °Bx, pH ve titrasyon asitliği değerleri için, herhangi bir model belirlenmemiştir. Bu değerlerde önemli bir değişim gözlenmemiştir.
5. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda; L^* , a^* , b^* , C ve h değerlerindeki değişim karesel modele uygunluk göstermiştir ($P>0.05$). Ultrasonikasyon süresinin L^* , a^* ve h değerlerindeki değişimde istatistiksel açıdan önemli olduğu ($P<0.01$), b^* ve C değerlerindeki değişimde ise önemsiz olduğu ($P>0.05$) saptanmıştır. Ultrasonikasyon sıcaklığının; L^* , a^* , b^* , C ve h değerlerindeki değişimde istatistiksel açıdan önemli olduğu ($P<0.01$), ultrasonik dalga genliğinin ise bu değerlerdeki değişimde istatistiksel açıdan önemsiz olduğu ($P>0.05$) belirlenmiştir.
6. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, ultrasonikasyon dalga genliğinin sadece *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir.
7. Farklı sıcaklıklarda, dalga genliklerinde ve farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulanan elma suyunda, ultrasonikasyon dalga genliğinin *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Enteritidis ve maya-küf inaktivasyonunda istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($P>0.05$), bununla birlikte ultrasonik dalga genliğine bağlı olarak mikrobiyal inaktivasyonun gerçekleştiği belirlenmiş olup, meyve sularında sterilizasyon işleminde ultrasonikasyon uygulaması düşük ısı işlem ile birlikte yapıldığında etkili olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acton E., Morris G.J., Method and apparatus for the control of solidification in liquids, Int. Pat. WO 99/20420, 1992.
- Arnold G., Leiteritz L., Zahn S., Rohm H., Ultrasonic cutting of cheese: composition affects cutting work reduction and energy demand, Int. Dairy J. 19 (2009) 314–320.
- Baak Matbaacık Ltd. ti., Hansen, S. L., Purup, S. and Christensen, L. P. Bioactivity of falcarinol and its content in carrots. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83; (2003). 1010–1017.
- Bazzano, L. A., Serdula, M. K. and Liu, S.. Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. Current Atherosclerosis Reports, 5; (2003) 492–499.
- Boistier-Marquis E., Lagsir-Oulahal N., Callard M., Applications des ultrasons de puissances en industries alimentaires, Ind. Aliment. Agric. 116 (1999) 23–31.
- Boucher R.M.G., Drying by airborne ultrasonics, Ultrason. News 111 (1959). pp. 8–9 and 14–16.
- Boucher R.M.G., US Patent 4 211 744, 1980.
- Brody A.L., Antenevich J.N., Ultrasonic defrosting of frozen foods, Food Technol. 13 (1959) 109–110.
- Brown T., James S.J., Purnell G.L., Cutting forces in foods: experimental measurements, J. Food Eng. 70 (2005) 165–170.
- Brown B., Goodman J.E., High-Intensity Ultrasonics: Industrial Applications, Iiffe Books, London, 1965.
- Burgos J., Ordonez J.A., Sala F., Effect of ultrasonic waves on the heat resistance of *Bacillus cereus* and *Bacillus licheniformis* spores, Appl. Microbiol. 24 (1972) 497–498.
- Butz P., Tauscher B., Emerging technologies: chemical aspects, Food Res. Int. 35 (2002) 279–284.
- Cameron M., McMaster L.D., Britz T.J., Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components, Dairy Sci. Technol. 89 (2009) 83–98.
- Carcel J.A., Benedito J., Bon J., Mulet A., High intensity ultrasound effects on meat brining, Meat Sci. 76 (2007) 611–619.

- Chang A.C., Chen F.C., The application of 20 kHz ultrasonic waves to accelerate the aging of different wines, *Food Chem.* 79 (2002) 501–506.
- Chemat F., Grondin I., Sing A.S.C., Smadja J., Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound, *Ultrason. Sonochem.* 11 (2004) 13–15.
- Chemat F., e-Huma Z., Khan, K.M., Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction *Ultrason. Sonochem.* 18 (2011) 813–835
- Chendke P.K., Fogler H.S., *Macrosonics in industry: 4. Chemical processing, Ultrasonics* 13 (1975) 31–37.
- Chisti Y., Sonobioreactors: using ultrasound for enhanced microbial productivity, *Trend Biotechnol.* 21 (2003) 89–93.
- Chisti Y., Moo-Young M., Disruption of microbial cells for intracellular products, *Enzyme Microbiol. Technol.* 8 (1986) 194–204.
- Cohen J.S., Yang T.C.S., Progress in food dehydration, *Trend Food Sci. Technol.* 6 (1995) 20–25.
- Cox D.R., Heeney L.O., Moore S.R., Manufacture of a frozen food product, US Pat. 6 436 454, (2002)
- Dakubu S., Cell inactivation by ultrasound, *Biotechnol. Bioeng.* 18 (1976) 465–471.
- Delgado A.E., Zheng L., Sun D.-W., Influence of ultrasound on freezing rate of immersion-frozen apples, *Food Bioproc. Technol.* 2 (2008) 263–270.
- De-Sarabia E.R.F., Gallego-Juarez J.A., Rodriguez-Corral G., Elvira-Segura L., Gonzalez-Gomez I., Application of high-power ultrasound to enhance fluid/ solid particle separation processes, *Ultrasonics* 38 (2000) 642–646.
- De-Sarabia E.R.F., Gallego-Juarez J.A., Mason T.J., Airborne ultrasound for the precipitation of smokes and powders and the destruction of foams, *Ultrason. Sonochem.* 13 (2006) 107–116.
- Drakopoulou S., Terzakis S., Fountoulakis M.S., Mantzavinos D., Manios T., Ultrasound-induced inactivation of gram-negative and gram-positive bacteria in secondary treated municipal wastewater, *Ultrason. Sonochem.* 16 (2009) 629–634.
- Earnshaw R.G., Appleyard J., Hurst R.M., Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure, *Int. J. Food Microbiol.* 28 (1995) 197–219.
- Eskin, N. A. M., Henderson, H. M., and Townsend, R. J., *Biochemistry of Foods*, Academic Press, New York, (1971).

Francini Alessandra and Sebastiani Luca, Phenolic Compounds in Apple (*Malus x domestica* Borkh.): Compounds Characterization and Stability during Postharvest and after Processing, *Antioxidants* 2013, 2, 181-193; doi:10.3390/antiox 2030181.

Fernandes F.A.N., Linhares Jr. F.E., Rodrigues S., Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple, *Ultrason. Sonochem.* 15 (2008) 1049–1054.

Fox, P. F., Food Enzymology, Volume 1, Elsevier Applied Sci., London, 1991.

Gallego-Juarez J.A., Rodriguez-Corral G., Acosta-Aparicio V.M., Andres- Gallego E., Blanco-Blanco A., Montoya-Vitini F., Procedimiento y sistema ultrasonico de desespumacion mediante emisorescon placa vibrante escalonada, Sp. Pat., 2002 02113, 2002.

Gallego Juarez J.A., Some applications of air-borne power ultrasound to food processing, in: Povey M.J.W., Mason T.J. (Eds.), *Ultrasound in Food Processing*, Blackie, Glasgow, 1998, pp. 127–143.

García-Pérez J.V. et al., *Ultrasonics* 44 (Suppl. 1) (2006) e539–e543.

Grossner M.T., Belovich J.M., Fekete D.L., Transport analysis and model for the performance of an ultrasonically enhanced filtration process, *Chem. Eng. Sci.* 60 (2005) 3233–3238.

Grönroos A., Pirkonen P., Ruppert O., Ultrasonic depolymerisation of aqueous carboxymethylcellulose, *Ultrason. Sonochem.* 11 (2004) 9–12.

Hatloe J., Methods for pickling and/or marinating non-vegetable foodstuff raw material, Int. Pat. WO 9518537, 1995.

Hausgerate B.S., Process and device for treating foods using ultrasonic frequency energy, Ger. Pat. DE 2950-384, 1978.

Heinz V., Alvarez I., Angersbach A., Knorr D., Preservation of liquid foods by high intensity pulsed electric fields-basic concepts for process design, *Trend Food Sci. Technol.* 12 (2003) (2002) 103–111.

Ho T.Z., Chiu Y.H., Aging device for liquor or wine, US Pat. 7334 516, 2008.

Jambrak A.R., Lelas V., Mason T.J., Krešić G., Badanjak M., Physical properties of ultrasound treated soy proteins, *J. Food Eng.* 93 (2009) 386–393.

Jambrak A.R., Mason T.J., Lelas V., Herceg Z., Herceg I.L., Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions, *J. Food Eng.* 86 (2008) 281–287.

Jambrak A.R., Herceg Z., Šubarić D., Babić J., Brncić M., Brncić S.R., Bosiljković T., Cvek D., Tripalo B., Gelo J., Ultrasound effect on physical properties of corn starch, *Carbohydr. Polym.* 79 (2010) 91–100.

Jambrak A.R., Mason T.J., Paniwnyk L., Lelas V., Accelerated drying of button mushrooms, brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties, *J. Food Eng.* 81 (2007) 88–97.

Kardos N., Luche J.-L., Sonochemistry of carbohydrate compounds, *Carbohydr. Res.* 332 (2001) 115–131.

Knorr, D., A. Froehling, H. Jaeger, K. Reineke, O. Schlueter and K. Schoessler, Emerging technologies in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2: (2011) 203-235.

Kyllönen H.M., Pirkonen P., Nyström M., Membrane filtration enhanced by ultrasound: a review, *Desalination* 181 (2005) 319–335.

Laborde J.L., Bouyer C., Caltagirone J.-P., Gerard A., Acoustic bubble cavitation at low frequencies, *Ultrasonics* 36 (1998) 589–594.

Lakshmisha I.P., Ravishankar C.N., Ninan G., Mohan C.O., Gopal T.K.S., Effect of freezing time on the quality of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during frozen storage, *J. Food Sci.* 73 (2008) S345–S353.

Li B., Sun D.-W., Effect of power ultrasound on freezing rate during immersion freezing of potatoes, *J. Food Eng.* 55 (2002) 277–282.

Li B., Sun D.-W., Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review, *J. Food Eng.* 54 (2002) 175–182.

Lida Y., Tuziuti T., Yasui K., Towata A., Kozuka T., Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 9 (2008) 140–146.

Lopez P., Vercet A., Sanchez A.C., Burgos J., Inactivation of tomato pectic enzymes by manothermosonication, *Z. Lebensm. Unters. Forsh. A* 207 (1998) 249–252.

Mason T.J. et al., Applications of ultrasound, in: D.-W. Sun (Ed.), *Emerging Technologies for Food Processing*, Elsevier, Amsterdam, 2005, pp. 323–352.

Mason T.J., Paniwnyk L., Chemat F., Ultrasound as a preservation technology, in: *Food Preservation Techniques*, 2003, pp. 303–337.

Matsuura K., Hirotune M., Nunokawa Y., Satoh M., Honda K., Acceleration of cell growth and ester formation by ultrasonic wave irradiation, *J. Ferment. Bioeng.* 77 (1994) 36–40.

Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamalar. Ed: A. K. Halkman, Anonymous, Ankara 2005.

McCausland L.J., Cains P.W., Martin P.D., Use the power of sonocrystallization for improved properties, *Chem. Eng. Prog.* 97 (2001) 56–61.

- McClements D.J., Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing, *Trend Food Sci. Technol.* 6 (1995) 293–299.
- Miles C.A., Morley M.J., Rendell M., High power ultrasonic thawing of frozen foods, *J. Food Eng.* 39 (1999) 151–159.
- Mongenot N., Charrier S., Chalier P., Effect of ultrasound emulsification on cheese aroma encapsulation by carbohydrates, *J. Agric. Food Chem.* 48 (2000) 861–867.
- Morey M.D., Deshpande N.S., Barigou M., Foam destabilization by mechanical and ultrasonic vibrations, *J. Colloid Interf. Sci.* 219 (1999) 90–98.
- Mortazavi A., Tabatabaie F., Study of ice cream freezing process after treatment with ultrasound, *World Appl. Sci. J.* 4 (2008) 188–190.
- Mulet A., Carcel J.A., Sanjuan N., Bon J., New food drying technologies – use of ultrasound, *Food Sci. Technol. Int.* 9 (2003) 215–221.
- Muthukumaran S., Kentish S.E., Ashokkumar M., Stevens G.W., Mechanisms for the ultrasonic enhancement of dairy whey ultrafiltration, *J. Membr. Sci.* 258 (2005) 106–114.
- Norton T., Delgado A., Hogan E., Grace P., Sun D.-W., Simulation of high pressure freezing processes by enthalpy method, *J. Food Eng.* 91 (2009) 260–268.
- O'Donnell C.P., Tiwari B.K., Bourke P., Cullen P.J., Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance, *Trend Food Sci. Technol.* 21 (2010) 358–367.
- Pagan R., Manas P., Alvarez I., Condon S., Resistance of *Listeria monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures, *Food Microbiol.* 16 (1999) 139–148.
- Piyasena P., Mohareb E., McKellar R.C., Inactivation of microbes using ultrasound: a review, *Int. J. Food Microbiol.* 87 (2003) 207–216.
- Pohlman F.W., Dikeman M.E., Zayas J.F., Unruh J.A., Effects of ultrasound and convection cooking to different end point temperatures on cooking characteristics, shear force and sensory properties, composition and microscopic morphology of beef longissimus and pectoralis muscles, *J. Anim. Sci.* 75 (1997) 386–401.
- Pohlman F.W., Dikeman M.E., Zayas J.F., The effect of low intensity ultrasound treatment on shear properties, color stability and shelf-life of vacuum packaged beef semitendinosus and biceps femoris muscles, *Meat Sci.* 45 (1997) 329–337.
- Povey M.J.W., Mason T.J., *Ultrasound in Food Processing*, Springer, Berlin, 1998.

- Raso J., Manas P., Pagan R., Sala F.J., Influence of different factors on the output power transferred into medium by ultrasound, *Ultrason. Sonochem.* 5 (1998) 157–162
- Rawson F.F., An introduction to ultrasonic food cutting AQ4, in: M.J.W. Povey, T.J. Mason (Eds.), *Ultrasound in Food Processing*, Blackie, Glasgow, 1988.
- Roberts R.T., Sound for processing food, *Nutr. Food Sci.* 91 (1991) 18–19.
- Rodríguez G., Riera E., Gallego-Juárez J.A., Acosta V.M., Pinto A., Martínez I., Blanco A., Experimental study of defoaming by air-borne power ultrasonic technology, *Phys. Procedia* 3 (2010) 135–139.
- Sanchez E.S., Simal S., Femenia A., Benedito J., Rossello C., Influence of ultrasound on mass transport during cheese brining, *Eur. Food Res. Technol.* 209 (1999) 215–219.
- Sanz P.D., Otero L., de Elvira C., Carrasco J.A., Freezing processes in highpressure domains, *Int. J. Refrig.* 20 (1997) 301–307.
- Schneider Y., Zahn S., Rohm H., Power requirements of the high frequency generator in ultrasonic cutting of foods, *J. Food Eng.* 86 (2008) 61–67.
- Schneider Y., Zahn S., Schindler C., Rohm H., Ultrasonic excitation affects friction interactions between food materials and cutting tools, *Ultrasonics* 49 (2009) 588–593.
- Schmid G., Rommel O., Rupture of macromolecules with ultrasound, *Z. Phys. Chem. A* 185 (1939) 97–139.
- Seshadri R., Weiss J., Hulbert G.J., Mount J., Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of high-methoxyl pectin dispersions, *Food Hydrocolloids* 17 (2003) 191–197.
- Simal S., De Mirabo F.B., Deya E., Rossello C., A simple model to predict the mass transfers in osmotic dehydration, *Lebensm. Untersuch. Forsch.* 204 (1997) 210–214.
- Simal S., Benedito J., Sanchez E.S., Rossello C., Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration, *J. Food Eng.* 36 (1998) 323–336.
- Smith N.B., Cannon J.E., Novakofski J.E., McKeith F.K., O'Brien Jr. W.D., Tenderization of semitendinosus muscle using high intensity ultrasound, *Ultrason. Symp.* (1991) 1371–1374.
- Smythe M.C., Wakeman R.J., The use of acoustic fields as a filtration and dewatering aid, *Ultrasonics* 38 (2000) 657–661.
- Song G.S., Hu S.Q., Li L., Chen P., Shen X., Structural and physical changes in ultrasound-assisted frozen wet gluten, *Cereal Chem.* 86 (2009) 333–338.

Li B., Sun D.-W., Effect of power ultrasound on freezing rate during immersion freezing of potatoes, J. Food Eng. 55 (2002) 277–282.

Li B., Sun D.-W., Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review, J. Food Eng. 54 (2002) 175–182.

Salah M. Saad, Ibrahim M. Abd Elaleem, Farahat Foda Ali Foda, Hesham A.Eissa, G.M. Abdelmoniem ve Wafaa A. Ibrahim, Journal of Applied Sciences Research 9 (8): 5323-5336, (2013).

Sun D.-W., Li B., Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing, J. Food Eng. 57 (2003) 337–345.

Szent-Gyorgyi A., Chemical and biological effects of ultra-sonic radiation, Nature 131 (1933) 278.

Terefe N.S., Gamage M., Vilkhuk K., Simons L., Mawson R., Versteeg C., The kinetics of inactivation of pectin methylesterase and polygalacturonase in tomato juice by thermosonication, Food Chem. 117 (2009) 20–27.

Tervo J.T., Mettin R., Lauterborn W., Bubble cluster dynamics in acoustic cavitation, Acta Acust. Acust. 92 (2006) 178–180.

Thakur B.R., Singh R.K., Nelson P.E., Quality attributes of processed tomato products: a review, Food Rev. Int. 12 (1996) 375–401.

Tiwari B.K., Muthukumarappana K., O'Donnella C.P., Cullen P.J., Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 10 (2009) 166–171.

Tiwari, B.K., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J. 2009. Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. Trends in Food Science and Technology, 20:137-145.

Tiwari, B.K. and Mason, T.J. 2012. Ultrasound processing of fluid foods. In *Novel Thermal and Non-thermal Technologies for Fluid Foods*. P.J. Cullen, Brijesh K. Tiwari and Vasilis P. Valdramidis (eds.). pp. 135-157, Academic Press, USA.

Valdramidis, V.P., Cullen, P.J. Tiwari, B.K., 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; 449–454.

Van der Sluis, A. A., A Chain Analysis of the Production of 'Healthy' Apple Juice. The Case of Polyphenolic Antioxidants, PhD Thesis Wageningen University, The Netherlands, 2005 -with references-with summary in Dutch, Page:11

Vercet A., Sanchez C., Burgos J., Montanes L., Lopez-Buesa B., The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties, *J. Food Eng.* 53 (2002) 273–278.

Vercet A., Burgos J., Lopez-Buesa P., Manothermosonication of foods and food-resembling systems: effect on nutrient content and nonenzymatic browning, *J. Agric. Food. Chem.* 49 (2001) 483–489.

Vercet A., Lopez P., Burgos J., Inactivation of heat resistant pectinmethylesterase from orange by manothermosonication, *J. Agric. Food Chem.* 47 (1999) 432–437.

Vercet A., Sanchez C., Burgos J., Montanes L., Lopez Buesa P., The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties, *J. Food Eng.* 53 (2001) 273–278.

Walter A.A., Ultrasonic treatment of dough products, *Int. Pat. WO 9011690*, 1990.

Wang, S., Melnyk J. P., Tsao, R., Marcone, M. F. 2011. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research International*, 44;14–22.

Wen X., Sui P., Huang X., Exerting ultrasound to control the membrane fouling in filtration of anaerobic activated sludge-mechanism and membrane damage, *Water Sci. Technol.* 57 (2008) 773–779.

Wu H., Hulbert G.J., Mount J.R., Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 1 (2000) 211–218.

Zheng L., Sun D.-W., Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes – a review, *Trend Food Sci. Technol.* 17 (2006) 16–23.

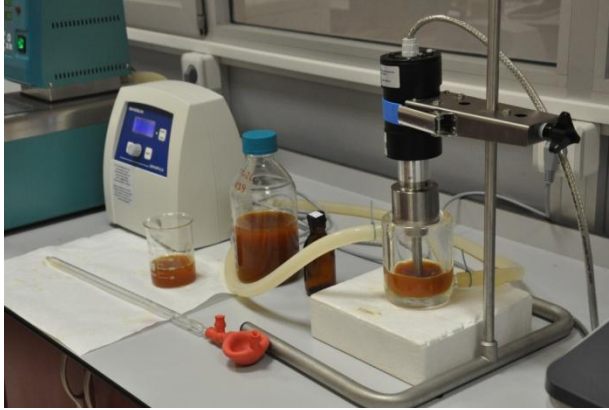
Zuo J.Y., Knoerzer K., Mawson R., Kentish S., Ashokkumar M., The pasting properties of sonicated waxy rice starch suspensions, *Ultrason. Sonochem.* 16 (2009) 462–468.

<http://svarog-uv.ru/English/armioun.htm>, Haziran, 2014

EKLER

EK- 1

Elma Suyunda Ultrasonikasyon Uygulamasında Kullanılan Cihaz (Bandalin, Germany)



EK-2

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda °Briks, pH ve titrasyon asitliğine etkisi

Süre (dk.)	Sıcaklık (°C)	Genlik (%)	°Briks	pH	Titrasyon Asitliği (g/100ml)
2	30	40	11.65	3.69	0.32
15	30	40	12.05	3.69	0.32
8.5	30	70	11.45	3.69	0.32
2	30	100	11.65	3.68	0.32
15	30	100	11.75	3.68	0.32
8.5	45	40	11.75	3.68	0.32
2	45	70	11.60	3.68	0.32
8.5	45	70	11.75	3.67	0.33
8.5	45	70	11.75	3.67	0.33
15	45	70	12.20	3.67	0.33
8.5	45	100	12.15	3.68	0.33
2	60	40	12.00	3.69	0.32
15	60	40	12.05	3.72	0.32
8.5	60	70	11.90	3.70	0.32
2	60	100	11.75	3.68	0.32
15	60	100	12.15	3.69	0.32

EK-3

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda esmerleşme indeksi, toplam fenolik madde miktarı ve bulanıklık üzerine etkisi

Süre (dk.)	Sıcaklık (°C)	Genlik (%)	Esmerleşme İndeksi (A_{420})	Toplam Fenolik (mg/L)	Bulanıklık (A_{625})
2	30	40	0.702	626	0.282
15	30	40	0.654	622	0.258
8.5	30	70	0.657	676	0.256
2	30	100	0.671	682	0.292
15	30	100	0.676	643	0.256
8.5	45	40	0.753	643	0.259
2	45	70	0.753	777	0.350
8.5	45	70	0.742	718	0.316
8.5	45	70	0.741	709	0.305
15	45	70	0.748	713	0.311
8.5	45	100	0.764	700	0.322
2	60	40	0.750	702	0.332
15	60	40	0.706	700	0.278
8.5	60	70	0.718	727	0.279
2	60	100	0.738	661	0.323
15	60	100	0.714	659	0.267

EK-4

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda renk değerlerine etkisi

Süre (dk.)	Sıcaklık (°C)	Genlik (%)	L*	a*	b*	C*	h
2	30	40	26.06	1.19	7.81	7.91	81.35
15	30	40	26.66	1.08	7.74	7.81	82.15
8.5	30	70	26.67	0.99	7.64	7.71	82.80
2	30	100	26.36	1.16	7.60	7.68	81.50
15	30	100	26.50	0.85	7.32	7.36	83.42
8.5	45	40	26.93	0.81	7.71	7.76	84.17
2	45	70	26.81	1.38	7.95	8.06	80.14
8.5	45	70	27.56	1.14	8.60	8.68	82.39
8.5	45	70	27.36	1.19	8.71	8.80	82.25
15	45	70	27.88	0.90	9.02	9.06	84.31
8.5	45	100	27.71	0.98	9.12	9.17	83.89
2	60	40	27.18	1.16	8.45	8.52	82.23
15	60	40	27.96	0.38	9.32	9.33	87.69
8.5	60	70	28.35	0.50	9.48	9.50	87.00
2	60	100	27.07	1.01	8.51	8.56	83.24
15	60	100	28.60	0.13	9.39	9.40	89.24

EK-5

Ultrasonikasyon sıcaklığı, dalga genliği ve süresinin elma suyunda *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium ve maya-küf inaktivasyonuna etkisi

Süre (dakika)	Sıcaklık (°C)	Genlik (%)	<i>Escherichia coli</i> O157:H7 (log kob/ml)	<i>Salmonella</i> Typhimurium (log kob/ml)	<i>Listeria monocytogenes</i> (log kob/ml)	Maya-küf (log kob/ml)
0	30	40	7.99	7.44	6.60	6.14
2			7.12	6.61	6.48	5.46
15			5.04	5.23	5.88	4.66
0	30	70	8	7.60	6.84	6.69
8.5			5.68	5.34	5.93	4.16
0	30	100	7.74	7.50	6.77	6
2			6.91	6.86	6.21	5.14
15			4.93	1.41	2.74	4.39
0	45	40	8.24	6.84	6.84	6.47
8.5			4.65	0	4.65	3.32
0	45	70	7.92	7.07	6.60	6.50
8.5			2.39	0	4.53	2.78
0	45	70	7.84	6.67	6.51	6.38
2			5.89	1.65	5.84	3.80
8.5			2.72	0	4.50	2.84
15			1.72	0	4.49	2.39
0	45	100	8.01	6.69	6.46	5.69
8.5			2.22	1.50	4.47	1.54
0	60	40	5.30	6.92	6.39	3.30
2			2.89	0	4.43	0
15			0	0	3.32	0
0	60	70	7.69	4.95	6.69	3.37
8.5			0	0	2.58	0
0	60	100	7.84	4	5.90	3.40
2			0	0	4.75	0
15			0	0	0.96	0

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed YILMAZ

Kültür Mah. Çevre Sk. No: 60/2 Merkez/Düzce

Cep: (532) 562 76 72

E-mail: yilmaz.1287@gmail.com

Doğum Yeri ve Yılı : Bilecik / 08.12.1987
Orta Öğrenim : Bolu Atatürk Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, Bolu, 2005
Üniversite Öğrenim : Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisans 2005-2011
: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yüksek lisans 2011-2014

İS TECRÜBESİ

Beypi Anonim Şirketi (Stajyer), 2008 Kalite Kontrol ve Laboratuvar/20 İş Günü
Barilla Gıda Anonim Şirketi (Stajyer), 2010 Kalite Kontrol ve Laboratuvar/20 İş Günü
Bolu Valiliği (Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni) Ocak, 2007 – Şubat, 2013
Düzce İl Özel İdaresi (Mühendis) Şubat, 2013 – Halen