

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



FARKLI AŞAMALARDA SÜTE ULTRASON UYGULANARAK
ÜRETİLEN VE DEPOLANAN AYRAN ÖRNEKLERİNİN BAZI
ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA TEZİ

MERVE ERTEM

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Hayri COŞKUN

BOLU, ARALIK 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Merve ERTEM tarafından hazırlanan “**FARKLI AŞAMALARDA SÜTE ULTRASON UYGULANARAK ÜRETİLEN VE DEPOLANAN AYRAN ÖRNEKLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Programında Doktora Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 23/12/2024

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Hayri COŞKUN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Hande Selen ERGE
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Bilal BİLGİN
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Ahmet AYAR
Sakarya Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Ercan SARICA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu ve Şablonuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir
- aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
MERVE ERTEM

ÖZET

FARKLI AŞAMALARDA SÜTE ULTRASON UYGULANARAK ÜRETİLEN VE DEPOLANAN AYRAN ÖRNEKLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER

DOKTORA TEZİ

MERVE ERTEM

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)

BOLU, ARALIK - 2024

XIV + 102 sayfa

Bu çalışmada iki farklı yöntemle (yoğurda su katarak ve süte su katarak), farklı aşamalarda (pastörizasyondan önce, pastörizasyondan sonra ve pastörize etmeden) ultrason (US) uygulanarak üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca meydana gelen kimyasal, biyokimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşal değişimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma iki aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada ayran üretiminde kullanılacak en ideal ultrason parametrelerinin belirlenebilmesi için çiğ süte 3 farklı güç seviyesinde (75 W, 100 W ve 125 W) ve 4 farklı sürede (5, 10, 20 ve 30 dk.) ultrason uygulanarak geleneksel yöntemle (yoğurda su katarak) ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ayran örneklerine depolama boyunca (1, 7, 14 ve 21. gün) asitlik, pH, serum ayrılması, viskozite ve renk analizleri yapılmıştır. İlk aşamada elde edilen sonuçlara göre serum ayrılması, viskozite ve L* (parlaklık) değeri dikkate alındığında ayran üretiminde kullanılacak en ideal ultrason gücü 100 W, süre ise 20 dk. olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada 100 W güç ve 20 dk. süre kullanılarak farklı yöntemlerle [geleneksel yöntemle yoğurdu sulandırarak (G) ve süte su katarak (S)] ayran üretilmiş; ayran üretiminde kullanılan sültere pastörizasyondan önce, pastörizasyondan sonra ve tek başına ultrason uygulaması yapılmıştır. Üretilen ayranlar +4 °C’de 21 gün depolanmış ve depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde bazı kalite özellikleri analiz edilmiştir. İkinci aşamada elde edilen sonuçlara göre serum ayrılması bakımından geleneksel yöntem kullanılarak pastörizasyondan sonra ultrason uygulanmasının, viskozite açısından süte su katarak pastörizasyondan sonra ultrason uygulanmasının uygun olduğu ve ultrason uygulamasının ayran örneklerinin L* (parlaklık) değerini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca tek başına ultrason uygulamasının, ayran örneklerinin % WSN, lipoliz, asetaldehit, viskozite, maya-küf ve duyuşal olarak tat ve koku değerlerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Genel sonuç olarak söylenebilir ki, US uygulamasının yoğurdun sulandırılması suretiyle ayran üretim yönteminde ve sütün pastörizasyonundan sonra yapılması daha uygun bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELE: Ultrason, Ultrasonikasyon, Ayran, Fiziko-kimyasal değişimler

ABSTRACT

THE CHANGES IN SOME CHARACTERISTICS OF THE ‘AYRAN’ SAMPLES PRODUCED AND STORED BY APPLYING ULTRASOUND IN MILK AT DIFFERENT STAGES

PHD THESIS

MERVE ERTEM

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)

BOLU, DECEMBER 2024

XIV+ 102 pages

This study aimed to determine the chemical, biochemical, physical, microbiological and sensory changes that occur during storage in ayran samples produced by applying ultrasound (US) at different stages (before pasteurization, after pasteurization and without pasteurization) with two different methods (adding water to yogurt and adding water to milk). The study was carried out in two stages. In the first stage, to determine the most ideal ultrasound parameters to be used in ayran production, ultrasound was applied to raw milk at 3 different power levels (75 W, 100 W and 125 W) and 4 different times (5, 10, 20 and 30 min.) and ayran production was carried out by the traditional method (adding water to yogurt). Acidity, pH, serum separation, viscosity and color analyses were performed on the produced ayran samples throughout storage period (1st, 7th, 14th and 21st days). According to the results obtained in the first stage, considering serum separation, viscosity and L* (brightness) value, the ideal ultrasound power used in ayran production was determined as 100 W and 20 min. In the second stage, ayran was produced with different methods [traditional method by diluting yogurt (G) and adding water to milk (S)] using 100 W power and 20 min. time; ultrasound was applied to the milk used in ayran production before pasteurization, after pasteurization and alone. The produced ayran samples were stored at +4 °C for 21 days and some quality properties were analyzed on the 1st, 7th, 14th and 21st days of storage. According to the results obtained in the second stage, it was concluded that ultrasound application after pasteurization using the traditional method was appropriate for serum separation, and ultrasound application after pasteurization by adding water to milk was appropriate for viscosity, and ultrasound application increased the L* (brightness) value of ayran samples. In addition, it was determined that ultrasound application alone negatively affected the % WSN, lipolysis, acetaldehyde, viscosity, yeast-mold and sensory taste and odor values of ayran samples. As a general result, it can be said that US application was found to be more appropriate in the ayran production method by diluting the yogurt and after pasteurization of the milk.

KEYWORDS: Ultrasound, Ultrasonication, Ayran, Physico-chemical changes

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xii
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xiii
TEŞEKKÜR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler	5
1.1.1 Ultrason Uygulaması Hakkında Genel Bilgiler	5
1.1.2 Gıdalarda Ultrason Uygulamaları ve Etkileri	9
1.1.3 Süt ve Ürünlerinde Ultrason Uygulamaları ve Etkileri.....	11
1.1.4 Peynir Üretiminde Ultrason Uygulamaları	13
1.1.5 Yoğurt ve Diğer Fermente Süt İçeceklerinde Ultrason Uygulamaları.	16
1.1.6 Ayran Üretiminde Ultrason Uygulamaları.....	20
2. MATERYAL VE YÖNTEM	26
2.1 Materyal	26
2.2 Yöntem.....	27
2.2.1 En Uygun Ultrason Parametrelerinin Belirlenmesi.....	27
2.2.2 Geleneksel Yöntemle Üretilen Ayranlara Ultrason Uygulaması	28
2.2.3 Süte Su Katarak Üretilen Ayranlara Ultrason Uygulaması.....	30
2.3 Örneklere Uygulanan Analizler	31
2.3.1 Çiğ Süt Örneklerinde Yapılan Analizler	31
2.3.2 Ayran Örneklerinde Yapılan Analizler	32
2.3.2.1 Kimyasal Analizler.....	32
2.3.2.2 Biyokimyasal Analizler.....	34
2.3.2.3 Fiziksel Analizler	36
2.3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler	37
2.3.2.5 Duyusal Analizler.....	37
2.3.2.6 İstatistiksel Analizler.....	38
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
3.1 Ayran Üretiminde Kullanılacak Ultrason Parametrelerinin Belirlenmesi	39

3.1.1	Asitlik (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler	39
3.1.2	pH Değerinde Meydana Gelen Değişmeler	40
3.1.3	Serum Ayrılmasında Meydana Gelen Değişmeler.....	42
3.1.4	Viskozite Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	44
3.1.5	Renk (L*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler	46
3.1.6	Renk (a*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler	47
3.1.7	Renk (b*) Değerinde Meydana Gelen Değişmeler	49
3.2	Farklı Yöntemlerle Üretilen ve Farklı Aşamalarda US Uygulanan Ayran Örneklerinde Meydana Gelen Değişmeler	51
3.2.1	Ayran Örneklerinin Kuru Madde Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	51
3.2.2	Ayran Örneklerinin Protein (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	53
3.2.3	Ayran Örneklerinin Yağ (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	54
3.2.4	Ayran Örneklerinin Asitlik (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	56
3.2.5	Ayran Örneklerinin pH Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	58
3.2.6	Ayran Örneklerinin Suda Eriyen Azot (WSN) Değerinde Meydana Gelen Değişmeler	60
3.2.7	Ayran Örneklerinin Lipoliz Oranlarında Meydana Gelen Değişmeler	62
3.2.8	Ayran Örneklerinin Asetaldehit Miktarında Meydana Gelen Değişmeler.....	64
3.2.9	Ayran Örneklerinin Serum Ayrılması Miktarında (%) Meydana Gelen Değişmeler	65
3.2.10	Ayran Örneklerinin Viskozite Değerinde (mPa.s) Meydana Gelen Değişmeler.....	67
3.2.11	Ayran Örneklerinin Renk (L*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	69
3.2.12	Ayran Örneklerinin Renk (a*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	71
3.2.13	Ayran Örneklerinin Renk (b*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	73
3.2.14	Ayran Örneklerinin <i>Streptococcus</i> spp. Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler.....	75
3.2.15	Ayran Örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler.....	77
3.2.16	Ayran Örneklerinin Maya-Küf Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler.....	79
3.2.17	Ayran Örneklerinin Renk ve Görünüş Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	81

3.2.18	Ayran Örneklerinin Yapı Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler	83
3.2.19	Ayran Örneklerinin Tat Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler ..	84
3.2.20	Ayran Örneklerinin Koku Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler	86
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	88
	KAYNAKLAR	91



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Klasik yöntemle kıyasla yenilikçi gıda teknolojinin avantajları	6
Şekil 1.2. Ultrasonun çalışma prensibi	8
Şekil 1.3. Ultrasonik kavitasyon	8
Şekil 1.4. Ultrasonikasyondan sonra süt ürünlerinin farklı parametrelerindeki değişimler	12
Şekil 1.5. Ultrasonun peynir özellikleri üzerindeki etkisi.....	14



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan çiğ sütlerin bazı kimyasal özellikleri.....	26
Tablo 2.2. Ultrason güç ve süreleri ve ayran örnek sayıları.....	27
Tablo 2.3. Geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinin üretim akış şeması.....	29
Tablo 2.4. Sütün su katarak üretilen ayran örneklerin üretim akış şeması.....	31
Tablo 2.5. Duyusal analizde kullanılan panelist formu	38
Tablo 3.1. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde asitlik (%) değerlerinde meydana getirdiği değişimler	39
Tablo 3.2. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde pH değerlerinde meydana getirdiği değişimler	41
Tablo 3.3. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde serum ayrılması (%) değerlerinde meydana getirdiği değişimler	42
Tablo 3.4. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde viskozite (mPa.s) değerlerinde meydana getirdiği değişimler	45
Tablo 3.5. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (L*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler..	46
Tablo 3.6. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (a*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler...	48
Tablo 3.7. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (b*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler ..	50
Tablo 3.8. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca kuru madde değerlerinde (%) meydana gelen değişimler	52
Tablo 3.9. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca protein değerlerinde (%) meydana gelen değişimler	54
Tablo 3.10. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca yağ değerlerinde (%) meydana gelen değişimler.....	55
Tablo 3.11. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca asitlik değerlerinde (%) meydana gelen değişimler	57
Tablo 3.12. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler	59
Tablo 3.13. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca WSN değerlerinde (%) meydana gelen değişimler.....	60
Tablo 3.14. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca lipoliz değerlerinde (% ADV) meydana gelen değişimler	62

Tablo 3.15. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca asetaldehit miktarında (ppm) meydana gelen değişimler	64
Tablo 3.16. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca serum ayrılması miktarında (%) meydana gelen değişimler	66
Tablo 3.17. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca viskozite değerlerinde (mPa.s) meydana gelen değişimler	68
Tablo 3.18. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (L*) değerlerinde meydana gelen değişimler.....	70
Tablo 3.19. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (a*) değerlerinde meydana gelen değişimler.....	72
Tablo 3.20. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (b*) değerlerinde meydana gelen değişimler.....	74
Tablo 3.21. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca <i>Streptococcus</i> spp. sayılarında (log ₁₀ KOB/mL) meydana gelen değişimler.....	76
Tablo 3.22. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca <i>Lactobacillus</i> spp. sayılarında (log ₁₀ KOB/mL) meydana gelen değişimler.....	78
Tablo 3.23. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca maya-küf sayılarında (log ₁₀ KOB/mL) meydana gelen değişimler.....	80
Tablo 3.24. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca renk ve görünüş bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%)	82
Tablo 3.25. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca yapı bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%).....	83
Tablo 3.26. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca tat bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%).....	84
Tablo 3.27. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca koku bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%).....	86

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 Ultrason cihazının genel görüntüsü.....	26
Fotoğraf 2.2 Ayran örneklerinde yağ oranının belirlenmesi.....	33
Fotoğraf 2.3 Asetaldehit analizinde titrasyon sonucu oluşan mor renk.....	35
Fotoğraf 2.4 Ayran örneklerinde serum ayrılmasının tespit edilmesi.....	36
Fotoğraf 2.5 Viskozite tayininde kullanılan viskozimetre	36



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

BA	: Biyojen amin
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Kurumu
dk.	: Dakika
EPS	: Egzopolisakkarit
HIUS	: Yüksek yoğunluklu ultrason uygulaması
HPU	: Yüksek güçlü ultrason uygulaması
HTST	: High tempature short time
Hz	: Hertz
kHz	: Kilohertz
KM	: Kuru madde
KOB	: Koloni oluşturan birim
LAB	: Laktik asit bakterileri
MHz	: Megahertz
mPa.s	: Milipascal saniye
MW	: Mikrodalga
ppm	: Parts per million
sn.	: Saniye
TMAB	: Toplam mezofilik aerobik bakteri
TS	: Termosonikasyon
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
US	: Ultrason, ultrasonikasyon
USV	: Ultrasonik vakum kurutma
W	: Watt
WI	: Beyazlık indeksi
WSN	: Water soluble nitrogen

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşarak yolumu aydınlatan, sadece akademik alanla sınırlı kalmayıp hayata dair tecrübelerinden de istifade ettiğim kıymetli danışmanım Prof. Dr. Hayri COŞKUN'a en içten teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

Tez proje konumun belirlenmesi, uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesinde katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Hande Selen ERGE ve Prof. Dr. Bilal BİLGİN'e teşekkür ederim. İstatistiksel analizlerim konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ercan SARICA'ya ve Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanımız sayın Prof. Dr. İbrahim ÇAKIR'a da destekleri için teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili babam Recep Varlık DEMİRTAŞ, annem Aynur DEMİRTAŞ, kardeşim Uğur DEMİRTAŞ'a ve tez sürecimde her türlü fedakarlığı gösterip tez çalışması boyunca beni teşvik eden sevgili eşim Ali Güray ERTEM'e teşekkür ederim. Akademik kariyerim boyunca yol arkadaşım olan, her daim desteğini hissettiğim Şeyma Betül ENCU'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmama verdikleri desteklerden dolayı Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim (2022.09.04.1556 Nolu BAP Projesi)

“100/2000 YÖK Doktora Programı” kapsamında burs vererek doktora eğitimime katkı sağlayan “Yenilikçi Gıda İşleme Teknolojileri ve Gıda Biyoteknolojisi” öncelikli alanında çalışma fırsatı sunan Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Başkanlığına teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Günümüzde farklı ham maddeler kullanılarak sayısızca gıda maddesi üretilmektedir. Benzer şekilde ham madde olarak sadece süt kullanılarak çok sayıda ürüne rastlamak mümkündür. Süt ürünleri içinden önemli bir grup da fermente süt ürünleridir. Sütün fermentasyona uğratılmasıyla peynir, yoğurt, ayran, kefir, kıymız ve quark gibi çeşitli aroma ve kıvama sahip fermente süt ürünleri üretilmektedir (Çiftçi ve Öncül, 2021). Fermente süt ürünleri orijinal halleriyle tüketilebildiği gibi meyveler, tahıllar ve kuruyemişlerle karıştırılarak hafif bir öğün yemeği olarak da tercih edilebilir (Chandan, 2014). Fermente süt ürünlerinin geçmişi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır (Rizzoli ve Biver, 2024). Bilim dünyasından Elie Metchnikoff'un 1910 yılında insanların ömrünü uzatmak için laktobasillerle fermente edilmiş süt tüketmeleri gerektiğini önererek bu alandaki çalışmalara öncülük etmiştir (Koutinas, 2017). Günümüzde dünya üzerinde hemen her ülkede farklı isimler altında fermente süt ürünleri üretilip tüketilmektedir.

Ülkemizde de çok sayıda fermente süt ürününden söz etmek mümkündür. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği fermente süt ürününü şöyle tanımlanmaktadır: “*Sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda canlı ve aktif olarak raf ömrü sonuna kadar bulunduran süt ürünü*”dür (Anonim, 2022a). Fermente süt ürünlerine olan ilgi, zengin besin değeri ve bağırsaktaki bakteriyel mikrobiyota üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda daha da artmıştır (García-Burgos vd., 2020). Fermente süt ürünlerinin pek çok temel fonksiyonlarından bahsetmek mümkündür. Fermente gıdaların bileşiminde bulunan yağlar, organik asitler, etanol ve bakteriyosinler antimikrobiyal nitelik gösterdiklerinden gıda muhafazada önem taşırlar (Asghar vd., 2017; Rizzoli ve Biver, 2024). Fermente süt ürünlerinin antimikrobiyal, antitümör, antihipertansiyon özellikleri yanında gıda alerjisi semptomlarını ve kanda LDL kolesterol seviyesini düşürdüğü de ifade edilmiştir (Demirgöl ve Sağdıç, 2018).

Türkiye’de üretilen önemli ve popüler fermente süt ürünlerinden birisi ayrandır. Ayran geleneksel olarak yoğurt, su ve tuzun karıştırılmasıyla elde edilen serinletici özelliğe sahip bir üründür (Akkaya vd., 2015). Ayran, Türkiye dışında;

Azerbaycan, İran, Bulgaristan, Makedonya, Kazakistan ve Kırgızistan’da üretilip tüketilmektedir (Yildiz, 2010). Farklı ülkelerde de ayran benzeyen, düşük viskoziteye sahip yoğurt sınıfında değerlendirilen ürünler bulunmakta, bu ürünler genel olarak “içilebilir yoğurt” ya da “laktik içecek” olarak bilinmektedir (Bölükbaşı, 2007). Yöreden yöreye yapımı çeşitlilik gösteren, yiyecek-içecek işletmelerinde içine soda eklenerek ve nane gibi çeşitli otlarla servis edilen ayran yabancı turistler tarafından ilgi görmektedir (Altaş, 2017). TÜİK’den elde edilen güncel verilere göre ayran üretimi 2023 yılında 689.066 tondan 2024 yılında 780.068 tona çıkmıştır (TÜİK, 2024).

Ayran sindirimi kolay, terapötik ve antimikrobiyel etkiye sahip olan yoğurt bakterileri (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) tarafından oluşturulan, vitamin yönünden zengin ve vücudumuzun kalsiyum ihtiyacını karşılayan çok faydalı bir içecektir (Taş ve Güzel-Seydim, 2010; Patır vd., 2006). Ayranında bulunan yüksek sayıda laktik asit bakterileri, bağırsak hücreleri üzerinde koruyucu ve antioksidan etkiye sahiptir (Baruzzi vd., 2016). Laktik asit bakterileri; canlı probiyotikler, prebiyotik ekzopolisakkaritler, oligosakkaritler, biyoaktif peptitler ve lipidler gibi sağlığı doğrudan veya dolaylı yoldan teşvik eden bazı fonksiyonel özelliklere sahiptir (Hati vd., 2013).

Ayranın yapısal özelliklerini belirlemede viskozitesi, jel yapısı, su tutma kapasitesi, parçacık boyutu, parçacık yoğunluğu ve parçacık dağılımı önemlidir (Altay, 2017). Ayranında üretim, taşıma ve depolama esnasında bazı yapısal ve duyuşsal kusurlar meydana gelebilmektedir. Yarım yağlı ve yağsız ayranlarda bilinen başlıca kusurlar zayıf tat ve aroma, düşük viskozite, çökelme ve serum ayrılmasıdır. Ayran, yoğurt ve diğer fermente süt ürünleri olarak tüketilen içecekler üzerinde yapılan reolojik çalışmalar çoğunlukla serum ayrılmasını engellemeye ve viskoziteyi arttırmaya yöneliktir (Altay, 2017). Ayranında görülen serum ayrılması tüketici tercihinin olumsuz yönde etkilemektedir (Koksoy ve Kilic, 2004).

Süt endüstrisinde istenmeyen mikroorganizmaların yok edilmesi, daha uzun raf ömrü ve ürün muhafazasını sağlamak amacıyla kullanılan en yaygın yöntem ısıl işlemdir (Akdeniz ve Akalın, 2017). Fakat, ısıl işlemlerde uygulanan yüksek sıcaklık gıdaların besin değerini, renk, lezzet gibi bir takım duyuşsal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Şengül vd., 2009). Isıl işlemlerin diğer dezavantajlarından bazıları: yüksek enerji gerektirmesi, düşük üretim verimliliğine neden olması, yüksek düzeyde dış girdi gerektirmesi ve zaman alıcı olmasıdır

(Bhargava vd., 2021). Isıl işlemin bahsedilen dezavantajlarından dolayı son yıllarda gıda muhafazasında ısıl olmayan muhafaza teknikleriyle ilgili çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir.

Artan dünya nüfusuyla beraber, nüfusun beslenme ihtiyacı da artmaktadır. Bu sebeple gıda üretim proseslerini iyileştirmek, gıda israfını azaltmak ve gıda üretim sistemlerinde dijitalleşmeyi başlatmak için yeni teknolojilere gereksinim vardır (Kahriman ve Baş, 2024). Yenilikçi gıda işleme teknolojilerinin hedefi, gıdaların ortam sıcaklığında veya düşük sıcaklıklarda proses edilerek ısıl işlemin gıdalar üzerindeki fiziksel, kimyasal ve besin değeri üzerindeki etkisini minimum seviyede tutmaktır. Diğer bir hedefi ise mikrobiyal stabilitenin en yüksek düzeyde sağlanmasıdır (Erdoğan ve Güneşer, 2023). Gıda işlemede kullanılan yeni ve yenilikçi teknolojilere süperkritik sıvı ekstraksiyonu, yüksek basınçlı işleme, darbeli elektrik alanı, darbeli ışık, ultrason, mikrodalga (MW), ultraviyole ışınlama, salınlı manyetik alanlar ve soğuk plazma teknolojileri örnek verilebilir (Zhou vd., 2024; Khouryieh, 2021). Yenilikçi gıda teknolojileri bazı insanlarda endişeye yol açsa da sağlığa olumlu katkıları, gelişmiş lezzet ve dokuya sahip çeşitli gıda ürünlerini üretmeye imkan sağlaması açısından olumlu karşılanmaktadır (Dikme, 2024).

Zaman geçtikçe tüketicilerin gıdalara yönelik beklenti ve talepleri değişiklik göstermektedir. Doğal tat ve aromaya sahip, kimyasal katkı maddeleri ve koruyucu maddeler içermeyen gıdalara olan talebin artmasına bağlı olarak ısıl olmayan işlem teknolojilerinin kullanımı hızla artmaktadır (Singla ve Sit, 2021). İşitilebilir frekans aralığının üzerindeki (>20 kHz) ses dalgaları olarak bilinen US (ultrason, ultrases veya ultrasonikasyon) uygulaması düşük sıcaklık derecelerinde yapıldığı için üründe meydana gelebilecek istenmeyen değişimleri engellemeye çalışan, ürünün lezzet, tekstür ve besin öğelerini korumayı hedefleyen ısıl olmayan bir muhafaza tekniğidir (Sayın ve Tamer, 2014; Dağbaşı, 2024).

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte var olan kaynaklar tükenmekte, enerji ihtiyacı artmakta ve çevre kirliliği gibi sorunlar ön plana çıkmaktadır. Yeşil teknoloji, diğer adlarıyla temiz teknoloji veya sürdürülebilir teknoloji, bu sorunlara çözüm arayan, çevreyi ve insan sağlığını dikkate alan teknolojileri ifade etmektedir (Türk, 2024). Ultrason teknolojisi güvenli, basit, hızlı ve toksik etkisi olmaması sebebiyle “Yeşil Teknoloji” olarak bilinmektedir (Akdeniz, 2023). Ultrason teknolojisi gıda endüstrisinde fermentasyonda, kurutmada, dondurulmuş gıdalarda,

filtrasyon, ekstraksiyon, ekstrüzyon, kristalizasyon, mikroorganizmaların yok edilmesi, enzimlerin aktivasyonu veya inaktivasyonu, köpük giderme (defoaming), emülsifikasyon, kesme, dekontaminasyon, depolimerizasyon, marinyasyon gibi farklı alanlarda uygulamaya sahiptir (Soysal 2011; Altaf vd., 2018; Narale vd., 2024).

Ultrason teknolojisi süt endüstrisinde de geniş uygulama alanı bulmaktadır. Peynir altı suyu ultrafiltrasyonunun iyileştirilmesi, fonksiyonel gıdaların ekstraksiyonu, ürün viskozitesinin iyileştirilmesi, süt yağı globüllerinin homojenleştirilmesi, buz ve laktozun kristalizasyonu, üstün reolojik özelliklere sahip yoğurt üretimi, yoğurdun toplam fermantasyon süresinin azaltılması, bakterilerin yok edilmesi ve peynir bloklarının kesilmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Chandrapala vd. 2012; Chandrapala ve Leong, 2015).

Son yıllarda gıda endüstrisinde çeşitli ultrason çalışmaları hakkında yapılan araştırmalar bir hayli artmıştır. Yapılan literatür taramasında ayran üretiminde farklı güç ve süre parametreleri kullanılarak ayran ultrason uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmalar laboratuvar ortamında yapılmış, ancak endüstriyel kullanım henüz yaygınlaşmamıştır. Ayran bazı tekstürel ve duyuşsal problemlere çözüm üretmek amacıyla daha fazla sayıda çalışma yapmaya ihtiyaç vardır. Ham madde seçimi, ultrason uygulama aşaması, ürüne uygulanan güç ve süre gibi parametreler ayranın reolojik özelliklerinde istenen kalite özelliklerini etkilemektedir.

Milli bir içecek olan ayran, içerisinde canlı ve faydalı mikroorganizmalar barındıran, ülkemizde önemli bir üretim ve tüketim potansiyeline sahip olan bir içecek türüdür. Gıda endüstrisinde pek çok amaçla kullanılan ultrason; nispeten ucuz, basit, hızlı, toksik olmayan, çevre dostu ve enerji tasarrufu sağlayan bir teknolojidir. Yenilikçi gıda işleme teknolojilerinden biri olarak bilinen ultrasonun ayran üretiminde pastörizasyona alternatif olabileceği ön görülmüştür. Pastörizasyon ısı muhaza tekniği olması sebebiyle ürün muhafazasında önemli bir yere sahipken aynı zamanda sütün temel bileşenlerinde ısı kaynaklı bir takım besin kayıpları olabilmektedir. Ayran üretiminde ultrason teknolojisi kullanımı, var olan sorunların düşük maliyetle ve çevreye zarar vermeden hızlı bir şekilde çözülmesi gıda sektörüne avantaj sağlayabilir.

Bu çalışmada; ayran üretiminde ideal güç ve süre gibi ultrason uygulama parametrelerinin belirlenmesi, üretimin farklı aşamalarında ultrason uygulaması ve

depolama boyunca ayran üzerinde meydana gelen değişmelerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak ayran üretiminde ultrason uygulamasının en ideal güç (W) ve süre parametreleri belirlenmiştir. İkinci aşamada belirlenen US parametreleriyle, tam yağlı inek sütü kullanılarak iki yöntemle (yoğurda su katarak ve süte su katarak) ayran üretilmiştir. Her iki yöntemle üretilen ayran yapımında kullanılan sütlere pastörizasyondan önce (çiğ), pastörizasyondan sonra ve pastörizasyon uygulamadan ultrason uygulaması yapılmıştır. Üretilen ayranlar +4 °C’de 21 gün depolanmıştır. Depolama boyunca ayranlarda meydana gelen bazı mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal, biyokimyasal, renk ve duyuusal değişimler depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde incelenmiştir.

Neticede iki farklı yöntemle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin üretimi ve depolanmasında en ideal parametreler belirlenmiştir. Elde edilen veriler, ultrason tekniğinin uygulamaya yönelik olarak sanayide ayran üretiminde kullanımına ışık tutması bakımından önemlidir.

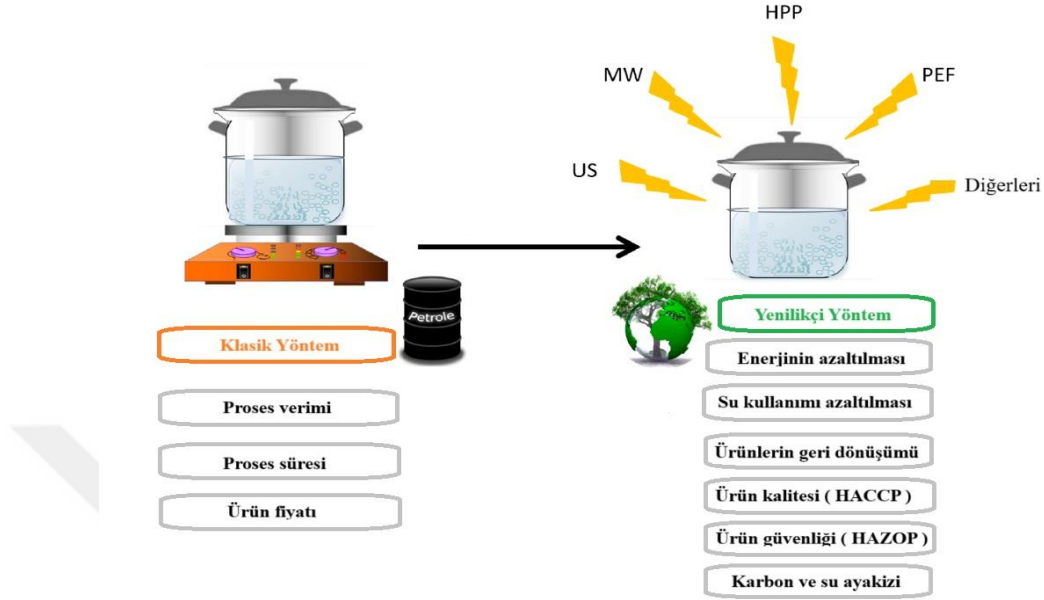
1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Ultrason Uygulaması Hakkında Genel Bilgiler

Gıdaları koruma ve bazı özelliklerini geliştirme amaçlı olarak farklı yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bu teknolojiler arasında ultrases, ışınlama, vurgulu elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç, soğuk plazma uygulamaları vb. gelmektedir (Aydın vd., 2023) (Şekil 1.1). Bahsedilen uygulamaların her birinin gıdalar üzerindeki etkisi farklıdır. Isıl işleme alternatif olarak kullanılan bu teknolojiler, mikrobiyal gelişimi önlemenin ve gıda kalitesini artırmanın yanı sıra fiziksel, besin öğelerinin ve duyuusal özelliklerin korunması amacıyla kullanılmaktadır (Sayın ve Tamer, 2014). Termal olmayan gıda teknolojileri uzun süreli depolama sırasında gıdada var olan biyoaktif bileşenlerin işlevselliğini de korumaktadır (Galanakis, 2024).

Gıdalarda ultrason uygulamaları yenilikçi teknolojiler arasında önemli bir yer tutar. Ultrason ayrıca ultrases ve ultrasonikasyon gibi terimlerle de ifade edilmektedir. Ultrason, frekansları insan kulağının işitme sınırını (>16-20 kHz) aşan ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Guimarães vd., 2019). Ultrason dönüştürücüsü tarafından, elektrik enerjisi ultrasonik enerji dediğimiz bir tür titreşim enerjisine dönüşmektedir (Qiu vd., 2020). Ultrason uygulamasının etkisi frekans, güç yoğunluğu ve uygulama süresi ile belirlenir. Frekans, prob tarafından bir saniyede yayılan saniyedeki döngü sayısını ifade eder ve Hertz (Hz) cinsinden

ifade edilir (Sireesha vd., 2022). Ultrasonda, ses gücü W (Watt) ile, ses yoğunluğu W/m^2 ile ya da ses enerjisi yoğunluğu Ws/m^3 ile ifade edilmektedir (Yüksel, 2013).



Şekil 1.1. Klasik yöntemle kıyasla yenilikçi gıda teknolojinin avantajları (Chemat vd., 2023).

Düşük frekans (20 kHz-100 kHz) yüksek yoğunluklu ($10-1000 W/cm^2$) ve yüksek frekans (100 kHz-1 MHz) düşük yoğunluklu ($<1 W/m^2$) olmak üzere iki farklı ultrason tekniği kullanılmaktadır (Ahmed vd., 2017). Tanısal ultrason ise 1 MHz'den büyük olan ultrason çeşidini ifade etmektedir (Ojha vd., 2017). Ultrason uygulanan ürünlerde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkiler, ses dalgasının büyüklüğüne ve seçilen frekansa bağlıdır (Akdeniz, 2023). Düşük yoğunluklu ultrason, ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kalıcı bir değişikliğe sebep olmamasından dolayı ürün kalitesinin değerlendirilmesinde tercih edilir (Ahmed vd., 2017). Gıdanın sertliği, olgunluğu, şeker içeriği, asitliği vb. gibi fizikokimyasal özellikleri hakkında bilgi sağlamak amacıyla düşük yoğunluklu ultrason tercih edilir (Flores-Jiménez vd., 2019). Yüksek yoğunluklu ultrason uygulaması ise gıdanın fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mekanik özelliklerinde önemli değişikliklere yol açar (Akdeniz ve Akalın, 2017; Jadhav vd., 2024). Yüksek yoğunluklu ultrason protein agregatlarını parçalayabilmekte, akustik kaviteasyonun sebep olduğu fiziksel, termal ve kimyasal etkiler yoluyla proteinlerin ikincil ve üçüncül yapılarını yok edebilmektedir (Mozafarpour vd., 2022).

Proteinlerin yapısındaki değişikliklerden dolayı proteazların proteinlere erişilebilirliği kolaylaşır ve buna bağlı olarak yüksek derecede hidroliz ve daha fazla biyoaktif peptid salınımı meydana gelebilir (Kaveh vd., 2023).

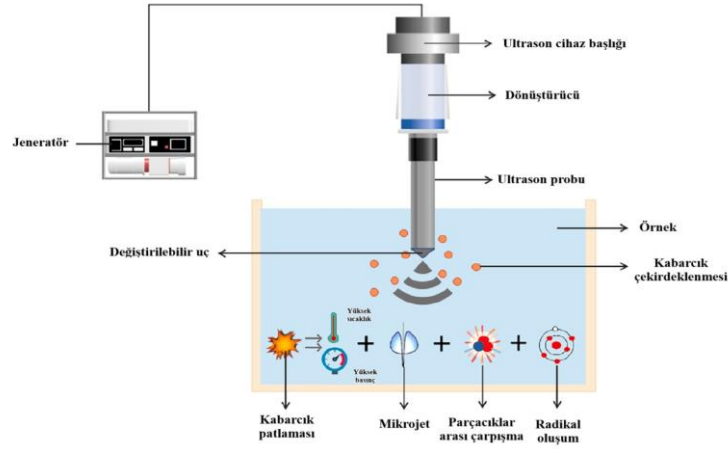
Ultrason gıda endüstrisinde enzimlerin aktivasyonu/inaktivasyonu, emülsifikasyon, dispersiyon, ekstraksiyon, homojenizasyon, ayırma ve kristalizasyon, hidrojenasyon, etlerin yumuşatılması ve olgunlaştırılması pastörizasyon, seperasyon, filtrasyon, gıda parçacıklarının gazının alınması, atomizasyon vb. uygulama alanlarına sahiptir (Acar ve Keskin, 2021; Abinaya vd., 2024). Ultrason gıdanın fermentasyonu esnasında mikroorganizmaların gelişimi, enzim aktivitelerini ve metabolik performansı teşvik etmesi açısından büyük ilgi görmüştür. Ayrıca ultrason, fermente gıdaların olgunlaşması sırasında Maillard reaksiyonu (MR), oksidasyon, esterifikasyon ve proteoliz gibi birçok kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonu desteklemektedir (Yu vd., 2021).

Çevre dostu bir yaklaşımı benimseyen ultrasonik uygulama, toksik solventlere ihtiyaç duymadan enerji ve su tüketimini azaltır ve atık geri dönüşümünü teşvik ederek çevrenin korunmasına katkı sağlar (Samarasinghe vd., 2024). Ultrason teknolojisinin geleneksel ısı işleme göre daha basit ve daha az masraflı olması, gıda sektöründe pratik uygulama imkanı sağlamaktadır (Dangal vd., 2024).

Ultrasonik dalga üreten sistemler bir jeneratör, bir dönüştürücü ve bir uygulama sisteminden oluşmaktadır (Şekil 1.2). Jeneratör mekanik veya elektrik enerjisi üretirken; dönüştürücü, üretilen bu enerjiyi ultrasonik frekanslarda ses enerjisine çevirmektedir (Chavan vd., 2022).

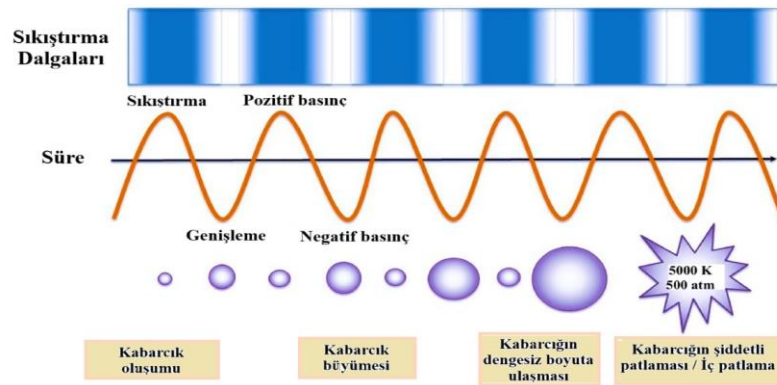
Proflu ultrason cihazı ve ultrasonik banyo olmak üzere iki farklı ultrason uygulama tipi bulunmaktadır. Ultrasonik banyolar paslanmaz çelik bir tanktan ve metal bir tabana yerleştirilmiş dönüştürücüden oluşur. Hepsi aynı fazda titreşen dönüştürücüler, tüm metal tabanı titreştirerek ultrasonik enerjiyi tankın içinde bulunan sıvıya iletir (Ozuna vd., 2015). Proflu ultrason cihazı ultrasonik banyoya kıyasla daha güçlüdür. Ses dalgaları herhangi bir engel olmadan direkt numune ile temas eder. Proflu sistemin en büyük dezavantajı kullanıma bağlı olarak problemlerin zamanla korozyona uğraması ve açık bir sistem olduğundan numunedeki uçucu bileşen kaybına sebep olmasıdır (Şengül ve Topdaş, 2019). Ultrasonun etkinliği; frekans, güç, sıcaklık, dönüştürücü seçimi, sinyal tipleri, reaktör geometrisine,

işlenen sıvıların ve gıda ürünlerinin fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Zhu vd., 2024).



Şekil 1.2. Ultrasonun çalışma prensibi (Kutlu vd., 2022).

Ultrasonun sıvı ortamlar üzerindeki etkilerinden sorumlu olan ana olgu kavitasyondur (Astráin-Redín vd., 2019). Sonikasyon işlemi esnasında, bir ses dalgası sıvı bir ortamla karşılaştığında boylamsal dalgalar meydana gelir, böylece alternatif sıkıştırma ve genişleme bölgeleri oluşturulur. Bu basınç değişim bölgeleri kavitasyona ve ortamda gaz kabarcıklarının oluşmasına neden olur (Dolatowski vd., 2007). Kavitasyon kabarcıklarının patlamasıyla ortamda kısa bir süre içinde 750-6000 K'ye kadar aşırı derecede ısı açığa çıkar (Abesinghe vd., 2019) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Ultrasonik kavitasyon (Carrillo-Lopez vd., 2021).

Ultrason işleminin etkinliği, oluşan kavitasyon kabarcıklarının patlaması sonucu açığa çıkan enerji ile açıklanabilir (Duran ve Eraslan, 2023). Ultrason uygulaması esnasında yüksek sıcaklık oluşumunun yanı sıra, yüksek basınç,

türbülans, çalkalama ve kayma gerilimi gibi çeşitli fiziksel etkiler de meydana gelir (Yu vd., 2017). Kavitasyon etkisiyle gıda matrisinin kimyasal, biyokimyasal ve mekanik özellikleri üzerinde birtakım değişimler olmaktadır (Zhu vd., 2024).

Gıda kalitesini arttırmak için ultrason; basınçla (monosonikasyon), ısı ile işlemle (termosonikasyon) veya basınç ve ısıнын bir arada kullanılmasıyla (monotermosonikasyon) gıda işleme proseslerinde kullanılabilmektedir (Alshehhi vd., 2023). Yapılan çalışmalarda, tek başına sonikasyon kullanımına kıyasla; termosonikasyonun bakteri, virüs, maya ve küfleri üzerinde daha etkili olduğu kanıtlanmıştır (Abdulstar vd., 2023). Ayrıca termosonikasyonun protein konjugasyonunu indüklediği ve protein hidrolizini artırdığı bilinmektedir (Akhi vd., 2024).

Ultrason teknolojisi gıda endüstrisi dışında farklı uygulama alanlarına sahiptir. Ultrasonun; su arıtımında (Esmer vd., 2016), maden alanında cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinde (Eşmeli, 2024), denizde sisli havalarda trafik güvenliğinin sağlanmasında, balık sürülerinin yerinin tespit edilmesinde, endüstride baca kurumlarının havaya karışmasının önlenmesinde ve tarımda tohumların çimlendirilmesinde kullanıldığı bilinmektedir (Ganidağlı ve Güzel, 2013). Ultrasondan tıp alanında ise ultrasonik görüntüleme, fizik tedavi, diş temizliği, safra ve böbrek taşı kırma da faydalanılmaktadır (Kılıç, 2020).

1.1.2 Gıdalarda Ultrason Uygulamaları ve Etkileri

Isıl olmayan gıda muhafaza tekniklerinden biri olarak bilinen ultrason teknolojisi gıda endüstrisinde ekstraksiyon, emülsifikasyon, homojenizasyon, kristalizasyon, köpük giderme, filtrasyon, kesme, dilimleme, kurutma, salamura/marinasyon, mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu sağlama amacıyla kullanılmaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021). Ultrasonun süt teknolojisi dışında et, meyve-sebze, hububat ve yağ teknolojisinde kullanılmasına yönelik çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Ultrason et teknolojisinde; etlerin dondurma ve çözündürme işlemini hızlandırarak kalitesinin korunmasına katkıda bulunur (Sarioğlu vd., 2024). Ayrıca ultrason etin marinasyonu, pişirilmesi, yumuşatılması ve bakteri yükünün azaltılması gibi konularda da avantaj sağlamaktadır (Alarcon-Royo vd., 2019).

Sığır ve tavuk etinin kurutma süresinin kısaltılması amacıyla yapılan bir çalışmada ultrasonik vakum kurutma (USV), vakumla kurutma ve fırında kurutma olmak üzere üç ayrı teknik kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre USV'nin sığır

ve tavuk etinde kurutma hızını kısalttığı ayrıca fırında kurutma ve vakumla kurutmaya kıyasla daha düşük enerji tükettiği tespit edilmiştir (Başlar vd., 2014).

Ultrasonun kivi ve limon suyu ile marine edilen çıkma tavuk göğüs etlerinin fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada; ultrasonun sert bir tekstüre sahip çıkma tavuk göğüs etlerine gevrek bir yapı ve kabul edilebilir özellikler kazandırılabilceği ifade edilmiştir. Diğer yandan çıkma tavuk etlerine uygulanan ultrason destekli marinasyon işleminin, tek başına uygulanan marinasyon işlemine göre, örneklerin su tutma kapasitesini ve sızıntı kayıplarını arttırdığı belirtilmiştir (Çimen, 2022).

Ultrason uygulaması meyve sebze teknolojisi alanında da kullanılmaktadır. Ultrason hasat sonrasında meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan kirlerin etkin şekilde uzaklaştırılmasını ve pestisit kalıntılarının parçalanmasını sağlar (Kasım ve Kasım, 2021). Meyve sularında fenolik içeriğin geliştirilmesi, askorbik asit kayıplarının önlenmesi, renk ve bulanıklık stabilitesinin sağlanması amacıyla ultrason teknolojisinden faydalanılmaktadır (Doğanay ve Baltacıoğlu, 2022).

Ultrason destekli ekstraksiyon parametrelerinin kuşburnu (*Rosa canina L.*) meyvesinin toplam fenolik ve karotenoid miktarları ile antioksidan aktivitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; uygulanan ultrason süresi arttıkça, fenolik içeriğin 3,18 mg/g'dan, 4,51 mg/g'a, toplam karotenoid içeriğin ise 4,29 mg/kg'dan 18,70 mg/kg'a çıktığı belirlenmiştir (Turan vd., 2021).

Jang ve Moon (2011) yaptıkları çalışmada, taze kesilmiş elmalarda polifenoloksidaz ve peroksidaz enzimlerinin inaktivasyonunda ultrason ve askorbik asidin birlikte uygulanmasının; monofenolaz, difenolaz ve peroksidazı etkisiz hale getirdiği böylece ultrasonun enzimatik esmerleşme ile ilgili çeşitli enzimler üzerinde sinerjistik inhibitör etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Hubabat teknolojisi alanında; kurutma ve eleme işlemlerinde etkinliğin artırılması, malt üretiminde ıslatma ve çimlendirme işleminin hızlandırılması amacıyla ultrason teknolojisinin kullanıldığı bilinmektedir (Yüksel ve Elgün, 2013). Ketencik proteinlerinin bazı tekno-fonksiyonel özellikleri üzerine ultrasonikasyon uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrasonikasyon işlemlerinin ketencik proteinlerinin su bağlama kapasitelerinde %251,07-500,03 aralığında gerçekleşen bir azalışa, yağ bağlama kapasitelerinde ise %14,10-21,21 aralığında gerçekleşen bir artışa neden olduğu rapor edilmiştir. En yüksek köpürme kapasitesi (%53,59) ve köpürme stabilitesi değerleri (15. ve 30.

dk. için sırasıyla %42,20 ve %40,71) 200 W gücünde ultrasonikasyon işlemi ile üretilen protein örneğinde tespit edilmiştir (Korkmaz ve Mutlu, 2024).

Bulgur üretiminde ultrason uygulamalı ısıtma ve pişirme yöntemlerinin kullanımı ile buğday ve bulgurda meydana gelen kalitatif değişimlerin araştırıldığı bir çalışmada; ısıtma suyuna uygulanan ultrason süresinin artması buğday tanesi eninin, su absorpsiyonunun ve suya geçen madde miktarının artmasıyla sonuçlanmıştır. Pişirmede uygulanan ultrasonun pişirilmiş yaş buğdayların parlaklık, sarılık, en, kalınlık ve su absorpsiyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Klasik pişirme yönteminde tam jelatinizasyonun 120 dk.'da sağlandığı, ultrason uygulamalı pişirmede ise tam jelatinizasyonun 90 dk.'da sağlandığı görülmüştür (Elgün, 2019).

Ultrason tekniği nispeten ucuz, ekstraksiyon süresi kısa, organik çözücü tüketimi daha düşük olması dolayısıyla enerji ve maliyet tasarrufu sağlayan bir yöntemdir. Ayrıca hızlı, verimi yüksek, düşük sıcaklıklarda uygulanabilmesi sebebiyle ekstraktların termal açıdan zarar görmesini önler ve biyoaktif bileşiklerin moleküler özelliklerini korur. Bahsedilen avantajları sayesinde yağ endüstrisinde ultrason kullanımı alternatif bir seçenek oluşturmaktadır (Dedebaş vd., 2021).

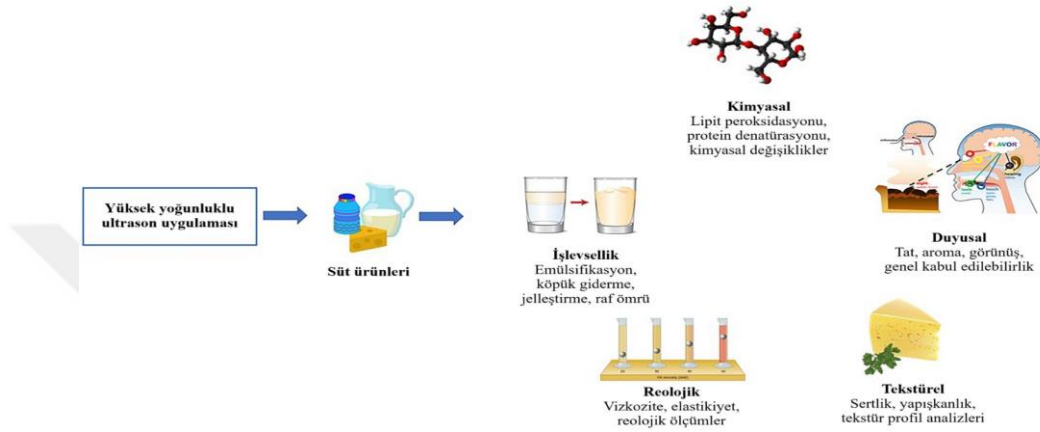
Almeida vd. (2017), ultrason uygulamasının zeytin yağının serbest asitliğini veya peroksit değerlerini etkilemediğini, fenoller (lignanlar, sekoiridoidler), C5 ve C6 uçucu bileşik içeriklerinde önemli düzeyde artış olduğunu ve daha yüksek ekstraksiyon verimine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Yüksek güçlü ultrason uygulamasının (HPU) zeytin ezmesi sıcaklığı, malaksasyon süresi, ekstraksiyon verimliliği ve sızma zeytinyağının özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; ultrason uygulama süresinin artması, toplam tokoferol ve pigmentlerde önemli artışlar ($P < 0,05$) meydana getirmiştir. Sekiz dk. ultrason uygulamasından sonra toplam polifenol ve oksidatif stabilite indeksinde azalma meydana geldiği ve renk değerlerini (L^* , a^* ve b^*) etkileyerek yağın renginin koyulaşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler, ürün kalitesinde kayıp olmadan yağ çıkarma kapasitesini ve verimini artırmak için HPU işleminin kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur (İqdiam vd., 2018).

1.1.3 Süt ve Ürünlerinde Ultrason Uygulamaları ve Etkileri

Ultrason tekniği süt ve ürünlerinde geniş uygulama alanı bulmaktadır. Ultrason tekniğine olan ilgi süt ve süt ürünlerinde peynir altı suyu proteinlerinin

termal stabilitesine, kazeinin jelleşmesine, süt ürünlerinin viskozitesine, sütün homojenizasyonuna ve dondurma üretiminde donma süresinin azaltılmasına olan etkisinden dolayı artmaktadır (Rudke vd., 2024) (Şekil 1.4). Ultrasonun süt ürünleri üretimindeki diğer avantajları ise: fermentasyon süresini kısaltması, peynirlerde proteolizi hızlandırıp tat aroma gelişimini sağlaması, probiyotiklerle üretilen süt ürünlerinde probiyotik canlılığı arttırmasıdır (Dangal vd., 2024).



Şekil 1.4. Ultrasonikasyondan sonra süt ürünlerinin farklı parametrelerindeki değişimler (Rathnakumar vd., 2024).

Süt endüstrisinde ultrason kullanım amaçlarından biri de mikrobiyal inaktivasyonu sağlamaya yöneliktir. Bu kapsamda literatürde farklı suşlar ve farklı parametrelerle denenmiş çalışmalar mevcuttur. Bir araştırmada, deve sütüne ilave edilen bazı patojenlerin (*Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella typhimurium*) ultrason tekniği ile (900 W, 20 kHz, %100 güç seviyesi, 15 dk. süre) inaktivasyonu üzerinde durulmuştur. Araştırma sonucunda, ultrason kullanımı ile *S. typhimurium* ve *E. coli* O157:H7 üzerinde önemli seviyede ($P<0,05$) azalma tespit edilmiştir (Dhair vd., 2019).

Herceg vd. (2012) yaptıkları bir çalışmada, %4 yağlı sütteki *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* sayıları üzerine ultrasonun (20 kHz) etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sıcaklık 20, 40 ve 60 °C; ultrason genliği 60, 90 ve 120 mm ve uygulama süresi 6, 9 ve 12 dk. olarak dikkate alınmıştır. Sonuç olarak Gram negatif *E. coli*'ye ultrason (D120 mm=2,78 dk., 60 °C'de) uygulaması, Gram pozitif *S. aureus*'a kıyasla (D120mm=4,80, 60 °C'de) daha etkili bulunmuştur. Ayrıca özellikle yüksek sıcaklık ve/veya ultrason gücü ile kombinasyon halinde daha uzun

sürekli uygulama seçilirse, mikroorganizma inhibisyonunun artacağı ifade edilmiştir.

Ultrasonun taze ve dondurulmuş yarım yağlı koyun sütünde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal kalite üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, koyun sütüne farklı kombinasyonlarda (78 W-6 dk., 78 W-8 dk. ,104 W-4 dk. ve 104 W-6 dk.) ultrason uygulanmıştır. Sonuç olarak ultrasonun laktik asit bakterilerini korurken, yarım yağlı koyun sütündeki kontamine bakterileri (toplam koliform sayısı) etkisiz hale getirdiği veya ortadan kaldırdığı ileri sürülmüştür (Balthazar vd., 2019).

Cameron vd. (2009), ultrasonun süt örneklerinde pastörizasyona alternatif olarak kullanılabilirliği üzerine çalışmışlardır. Süt örneklerine %100 genlikte farklı sürelerde (2,5, 5, 6, 7,5 ve 10 dk.) ultrason uygulamışlardır. Araştırmacılar, *E. coli* canlı hücre sayısının 10 dk. ultrasondan sonra %100 oranında azaldığını, *Pseudomonas fluorescens*'in canlı sayılarının 6 dk. sonra %100 oranında ve *Listeria monocytogenes*'in ise 10 dk. sonra %99 oranında azaldığını rapor etmişlerdir.

Ultrasonikasyonun (22 kHz, 50 W, 0-30 dk.'ya kadar) asit jelleşme üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, US uygulanan süt ile US uygulanmayan süttten üretilen jel kıyaslanmıştır. Sonuç olarak US uygulamasının jel sıklığında artış meydana getirdiği ve jelleşme süresinde azalma sağladığı beyan edilmiştir (Nguyen ve Anema, 2017).

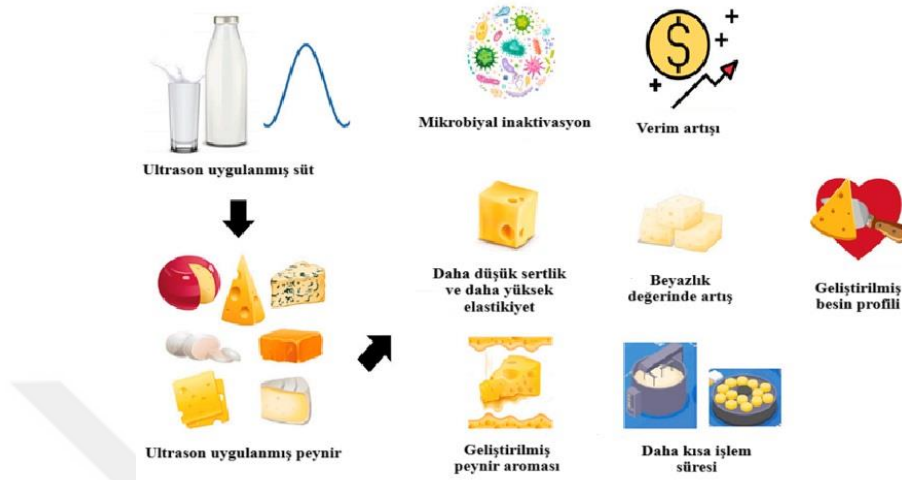
Ultrason teknolojisinden filtrasyon alanında da faydalanılmaktadır. Prabhuzantye vd. (2019) çalışmalarında, peyniraltı suyu protein konsantresinin geri kazanımı için ultrafiltrasyon işleminden önce ultrason uygulaması yapmışlardır. Ultrason destekli ultrafiltrasyon işleminde, ultrason kullanımının filtre kirlenmesini azalttığı ve ayrıca daha yüksek geçiş (permeat) sağladığı tespit edilmiştir.

1.1.4 Peynir Üretiminde Ultrason Uygulamaları

Ultrason tekniği peynir üretiminde değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Ultrason desteği ile peynir gibi hassas gıdaların kısa sürede, istenen özellikte, ürün kaybı ve yapışma olmadan kesme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Güven ve Yıldız, 2016) (Şekil 1.5).

Ultrasonik kesimin çeşitli peynirlerin (Çedar, Mozzarella ve İsviçre) depolama sırasında kalite parametrelerine olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; ultrasonik bıçakla üç farklı genlikte (%30, %40 ve %50) kesim ve ultrason kullanmadan (kontrol örneği) kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ultrasonla kesilen peynirler, kontrole kıyasla nispeten parlak ve pürüzsüz bir yüzey

görüntüsüne ve daha düşük peroksit değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ultrasonik kesimden hemen sonra ve depolama sırasında ürün kalitesinin iyileştiği ifade edilmiştir (Yildiz vd., 2016).



Şekil 1.5. Ultrasonun peynir özellikleri üzerindeki etkisi (Scudino vd., 2023a).

Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas (2010), “Queso fresco” adı verilen bir peynirin yapımında kullanılan çiğ sütü farklı parametrelerde termosonikasyona (400 W, 24 kHz, 120 μ m) tabi tutmuşlardır. Örneklerden biri kontrol olarak değerlendirilmiş diğer örneklerle sırayla 63 °C/30 dk. ısıtma, 63 °C/10 dk. ısıtma + sonikasyon, 63 °C/30 dk. ısıtma + sonikasyon, 72 °C/15 sn. ısıtma, 72 °C/15 sn. ısıtma + sonikasyon ve 72 °C/1 dk. ısıtma + sonikasyon uygulanmıştır. Çalışma sonucunda en makul uygulamanın 63 °C/30 dk. ısıtma + sonikasyon olduğu belirlenmiştir. Sonikasyonun peynir verimini (%20,6) yaklaşık iki katına çıkardığını, peynirin parlaklık değerini (L^*) artırdığını ve raf ömrünü uzattığını rapor etmişlerdir.

Almanza-Rubio vd. (2016) krem peynirlerinin dokusal ve reolojik özelliklerini modifiye etmek için yüksek enerjili ultrason kullanmışlardır. Çalışmada krem peynirler, çeşitli ultrason gücü (0-100 W), sıcaklık (4-63 °C) ve süre (0-30 dk.) kombinasyonları kullanılan süttten üretilmiştir. Krem peynirlerinde en iyi dokusal ve reolojik özellikler, süte $\leq$ 30 dk., 50 W ve 35-50 °C arasında termosonikasyon uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca termosonikasyonun sütteki yağ küreciklerinin boyutunu küçülttüğünü, krem peynirinin yağ içeriğini ve verimini artırdığını bildirmiştir.

Jalilzadeh vd. (2018) tarafından yapılan bir araştırmada, ultrafiltrasyondan geçirilen sütün filtre edilmeyen kısmı (retantate) pastörize edilerek *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Penicillium chrysogenum* veya *Clostridium sporogenes* ile aşılanmıştır. Örneklere üç farklı frekans (20, 40 ve 60 kHz) ve %80 yoğunlukta 20 dk. boyunca ultrason uygulanmıştır. Daha sonra üretilen beyaz peynirlerin 60 gün süren depolama süresi boyunca mikrobiyal ve fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Çalışma neticesinde sonikasyonun, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *P. chrysogenum* ve *C. sporogenes* sayılarını azalttığı, en yüksek lipoliz ve proteoliz indeksi oranlarının 60 kHz sonikasyon uygulanan peynirlerde görüldüğü belirtilmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek duyuşal puanlara sahip peynirin 60 kHz’de ses dalgası uygulanan peynir olduğu rapor edilmiştir.

Bir çalışmada proba (20 kHz frekansta, 2, 4 ve 6 dk. süreyle) ve ultrasonik banyo (37 kHz frekansta, 5, 10 ve 15 dk. süreyle) ile iki farklı aşamada çiğ inek sütüne ve peynir matrisine farklı sıcaklıklarda (40, 50 ve 60  C) ultrason uygulanmıştır. Sonuçta, ultrason uygulamasının peynir verimini ve nem içeriğini önemli ölçüde ($P<0,05$) artırdığı ve kontrol örneğine kıyasla pH’yı azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek nem içeriği ve verimliliği 30  C’de 2 dk. proba ultrason işlemi uygulanan örneklere saptanmıştır. Doku analizi sonuçlarına göre, ultrason işleminde süre ve sıcaklığın artması peynir rneklarının sertliğini kontrol rneklarına göre önemli ölçüde ($P<0,05$) azaltmıştır (Bahri ve Kenari, 2018).

Farklı frekanslarda (25 ve 45 kHz) ve farklı sürelerde (15 veya 30 dk.) iğ süte 1000 W güçte ultrason uygulanarak üretilen Oaxaca peynirleri, kontrol rnekleleriyle karşılaştırıldığında daha fazla parlaklığa sahip olmuştur. Ultrason uygulama süresi arttıķa verimde önemli ölçüde iyileşme (100 L sütte 2,8 kg’a kadar) görülmüştür. 25 kHz’de 30 dk. ultrason uygulamasının, maya-küf sayısını düşürürken laktik asit bakterilerinin (LAB) büyümesini desteklemiştir (Huerta-Jimenez vd., 2022).

Brezilya’da popüler bir peynir çeşidi olan Minas Frescal peyniri üretmek için çiğ sütün işlenmesinde 20 kHz frekansta ve farklı güçlerde (160, 400 ve 640 W) termosonikasyon (TS) uygulanmıştır. TS’nin depolama sırasında peynir örneklerinde daha yüksek mikrobiyal inaktivasyon ve stabilite, iyileştirilmiş renk parametreleri [daha yüksek parlaklık (L^*) ve beyazlık indeksi (WI)] ile sonuçlanmıştır. TS işlemi ayrıca geleneksel olarak pastörize edilen örneklere daha yüksek biyoaktif bileşik üretimi (daha yüksek antioksidan, α -amilaz, α -

glukozidaz ve anjiyotensin dönüştürücü enzimlerin inhibitör aktiviteleri) göstermiştir (Scudino vd., 2023b).

Darwish vd. (2024), yağsız manda sütüne 35 kHz'de 10, 20 ve 30 dk. boyunca ultrason işlemi uygulayıp bu süttten Karish peyniri elde etmişlerdir. Çalışmada ultrason uygulamasının süttün pıhtılaşma süresini azalttığını; ayrıca peynirin dokusunu, antioksidan ve duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. İlâveten, uzun süreli (30 dk.) ultrason işlemi uygulamasının peynirin kalite ve kabul edilebilirliğini azalttığını, üretimde kullanılabilecek en uygun süre parametresinin 20 dk. olması gerektiğini beyan etmişlerdir.

1.1.5 Yoğurt ve Diğer Fermente Süt İçeceklerinde Ultrason

Uygulamaları

Besinsel değeri açısından sade yoğurt, üretildiği ham madde süte benzer bir bileşime sahiptir. Sade yoğurt yüksek kalitede protein, kalsiyum, fosfor, magnezyum, çinko, B vitaminleri (riboflavin, B12, niasin) kaynağıdır (Buttriss, 1997). Yoğurdun sağlık açısından önemli bir faydası da sindirilebilirliği yüksek bir fermente gıda olmasıdır. Sade yoğurt içeriğinde var olan *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus* bakterileri aracılığıyla gerçekleşen laktik asit fermentasyonu ile proteinler, karbonhidratlar ve lipitler, organizmalar tarafından kullanılabilir hale getirilir. Normal süttün 1 saatte %32'si sindirildiği halde, yoğurdun 1 saatte %91'i sindirilebildiği bilinmektedir (Herdem, 2006).

Fermente süt ürünleri, içeriğindeki esansiyel aminoasitler ve vitaminler bakımından günlük diyetle önemli bir yere sahiptir. Ultrason teknolojisi, fermente süt ürünleriyle ilgili çalışmalarda büyük ilgi görmektedir. Ultrason, istenmeyen mikroorganizmaları engellemekte ve bazı enzimleri etkisizleştirmektedir. Ayrıca ultrasonun, fermentasyon süresinin azaltılması, hücre büyümesi ve çoğalmasında artış, asitleşmenin hızlanması ve laktaz ve proteaz gibi enzimlerin aktivitesinin teşvik edilmesi gibi etkileri de söz konusudur (Gholamhosseinpour vd., 2024).

Fermente süt ürünlerinde fermentasyon uzun zaman alan aşamalardan biridir. Ayrıca fermentasyon esnasında enerji sarfiyatı fazladır. Bundan dolayı fermentasyon süresinin kısaltılmasına yönelik çalışmalara rastlanmaktadır. Masuzawa ve Ohdaira (2002), içi su ile dolu olan bir tanka polietilen bir torbada süt numunesi yerleştirilerek, tanka 28 kHz gücünde ultrason titreşimi uygulanmıştır. Fermentasyonun seyri bir pH metre ile izlenmiştir. Sonuçta ultrason kullanılarak fermentasyon süresinin kısaltılmasının mümkün olduğu, ancak

kavitasyona neden olan yüksek ses basıncında fermantasyonun baskılanabileceği ifade edilmiştir.

Düşük frekans ve yüksek yoğunluklu ultrason ile sütün homojenize edilmesi fermente ürünlerde viskoziteyi artırabileceği ve doku özelliklerini geliştirebileceği ifade edilmektedir (Shershenkov ve Suchkova, 2015). Ultrasonun sütün homojenizasyonu ve yoğurt fermantasyonu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; yüksek genlikli ultrasonun (1, 6, 8 ve 10 dk. süreyle, 20 kHz, 90 W, 225 W ve 450 W) geleneksel homojenizasyona kıyasla daha iyi sonuç verdiği, uygulama süresinin artmasıyla homojenizasyon etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir. Diğer yandan, starter inokülasyonundan önce ultrason genlik seviyesinin artırılmasının yoğurtta su tutma kapasitesini ve viskoziteyi arttırdığı, sinerezisi ise azalttığı tespit edilmiştir (Wu vd., 2000).

Yapılan bir araştırmada termosonikasyon (72 °C'de 10 dk., 400 W) uygulanan sütlerden elde edilen set tipi yoğurtlarda jel sıkılığının arttığı ifade edilmiştir. Termosonikasyon uygulanan örnekler, önceden ısıtılmış (90 °C, 10 dk.) süttten hazırlanan geleneksel yoğurtlara kıyasla daha yüksek viskozite değeri ve daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olmuştur (Riener vd., 2009a).

Kenari ve Razavi (2021) yaptıkları çalışmada, bazı ultrason parametrelerinin (genlik: %50 ve %75, süre: 5, 10 ve 15 dk., sıcaklık: 45, 55 ve 65 °C) yoğurdun fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; ultrason uygulama süresi, sıcaklık ve genlik arttıkça yoğurt örneklerinin viskozite, sertlik ve parlaklık (L*) değeri artmıştır. Araştırmada, yoğurt üretimi için en uygun ultrason parametrelerinin 55 °C, 10 dk. ve %75 genlik olduğu sonucuna varılmıştır.

Yoğurt üretiminde ultrason teknolojisi kullanımının süt yağı globül çapını küçülttüğü, daha iyi homojenizasyon sağladığı, emülsifikasyonda iyileşmeler olduğu, sinerezisi azalttığı, yoğurdun su tutma kapasitesi, jel kuvveti ve jel sıkılığını arttırdığı, ayrıca fermantasyon süresini kısalttığı rapor edilmiştir (Akdeniz ve Akalın, 2019). Zira, ultrason etkisiyle yoğurtta asit üretimi artmakta ve bu artış fermantasyon süresinin kısalmasına yol açmaktadır. Ultrason etkisiyle ortaya çıkan kavitasyon, hücre içi enzimlerin ortama salınmasını teşvik ederek ve ayrıca laktozun hidrolizasyonunu hızlandırarak β -galaktosidaz enzim aktivitesini artırmaktadır. Bunun sonucu olarak fermantasyon süresi geleneksel yoğurt işleme

teknikğine göre daha da kısalmaktadır (Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, 2010).

Şengül vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada, klasik homojenizatör ve ultrasonik homojenizatör kullanarak yoğurt örnekleri üretmişlerdir. Uygulamada üç farklı güç seviyesi (%20, %50, %70) ve iki farklı süre (3 ve 6 dk.) dikkate alınmıştır. Yoğurt örneklerinde en yüksek su tutma kapasitesi %70 güç seviyesinde ve 6 dk. ultrason uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca uygulama süresi ve güç seviyesi arttıkça su tutma kapasitesinin arttığı rapor edilmiştir.

Yüksek yoğunluklu US (frekans 20 kHz ve yoğunluk aralığı 150-750 W, 10 dk.) ile muamele edilmiş süttten üretilen yoğurtların, üstün doku özelliklerine (kohesiflik, sertlik, sıklık) fakat daha düşük tat ve lezzete (bozuk tatlar) sahip olduğu bildirilmiştir. Aroma ve lezzeti etkileyen uçucu bileşiklerin, süte US uygulama esnasında yüksek lokalize sıcaklık ve kavitasyon olayları nedeniyle ve ayrıca fermentasyon sırasında oluşabileceği ifade edilmiştir (Sfakianakis ve Tzia, 2013).

Farklı ultrason uygulama sürelerinin keçi sütünden yapılan yoğurdun kalite özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, yoğurt örneklerine 20 kHz'de 3, 6 ve 9 dk. ultrason uygulanmıştır. Altı dk. ultrason uygulaması, yoğurtların görünür viskozitesini ve kıvam indeksini artırırken örneklerdeki tiramin ve toplam biyojenik amin (BA) içeriğini azalttığı ifade edilmiştir (Delgado vd., 2020).

Akdeniz (2023), yoğurt benzeri probiyotik fermente süt ürününün üretiminde süte önce 15 dk. süreyle 400 W gücünde ultrason uygulamış ve kültür ilavesi sonrasında da 5 dk. 100 W ultrason uygulayarak fermentasyon süresi belirlemiş ve elde edilen süt ürününde probiyotik bakteri sayımı yapmıştır. Sonuç olarak ultrason, *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactocaseibacillus casei* ile aşıl原因 örneklerde fermentasyon süresini kısaltmış, ayrıca *L. acidophilus*, *L. casei* ve *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG probiyotik bakterilerinin canlılığını arttırmıştır.

Bir çalışmada, yağsız süt tozu veya kazeinat ve peynir altı suyu protein konsantresiyle üretilen set tipi probiyotik yoğurtların bazı özellikleri üzerinde ultrasonun etkisi araştırılmıştır. Ultrason uygulamasının geleneksel homojenizasyona göre süt yağı küreciğinin boyutunu %46,5'e kadar azalttığı; en küçük süt yağı küreciği boyutu ile en iyi homojenizasyon verimliliği 15 dk. boyunca 400 W gücünde ultrason uygulanan örneklerden elde edilmiştir. Tek veya çift

aşamalı ultrasonikasyonla üretilen probiyotik yoğurtlar, kontrol örneklerine benzer tat, koku ve görünüm puanları almış, yağsız süt tozu ve tek aşamalı ultrasonikasyonla üretilen yoğurtların doku ve genel kabul edilebilirlik puanları ise kontrole kıyasla depolamanın 14. gününde daha yüksek bulunmuştur (Akdeniz ve Akalın, 2023).

Şekerli veya şekersiz manda yoğurdu üretiminde ultrasonun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrasonik banyo (25 kHz, 38 W/L) destekli fermantasyonun, yoğurt üretiminde fermantasyon hızını arttırdığı (%41'e kadar artış) ve fermantasyon süresini azalttığı (2 saate kadar) tespit edilmiştir. Bir veya iki saat US destekli fermantasyonla üretilen örnekler daha yüksek su tutma kapasitesine (%35'e kadar), kıvam indeksine (%423'e kadar) ve görünür viskoziteye (%246'ya kadar) sahip olmuştur (Pacheco vd., 2023).

Sarker ve Siddiqui (2023), muz esaslı nişasta (sindirilmeye karşı dirençli) ve yeşil papaya tozu ile zenginleştirilmiş fonksiyonel yoğurtlarda ultrasonun etkisini değerlendirmişlerdir. Zenginleştirilerek US (%80 genlik, 20 kHz frekansta 8 dk.) ile üretilen yoğurtlar, geleneksel ısı işlem görenlere (85 °C'de 30 dk.) kıyasla daha sert, sıkı, yapışkan ve viskoz özelliklik göstermiştir. Ultrason, örneklerin L*, a* ve b* renk değerlerini önemli ölçüde ($P < 0,05$) etkilerken, aynı zamanda sinerezi azaltmış, su tutma kapasitesini iyileştirmiş, zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin yağ asidi profilini korumuştur. Ancak ultrason, yoğurt örneklerinin toplam polifenol içeriğini ve antioksidan aktivitesini geleneksel ısı işlem görmüş örneklerle kıyasla azaltmıştır. Tüm yoğurt örnekleri depolama sırasında dikkate değer sayıda canlı koloni sayısını ($\geq 7,23$ log KOB/mL) korumuştur.

Ultrasonun, süt proteinleri (kazeinat ve peynir altı suyu protein konsantresi) veya yağsız süt tozu ile zenginleştirilerek üretilen set tipi probiyotik yoğurt örneklerinin özellikleri üzerinde etkisini ortaya koymak amacıyla yapılan bir çalışmada; depolama süresi sonunda, ultrason uygulanan örneklerin kontrollerine göre daha yüksek sayıda probiyotik bakteriye (8,44-8,61 log KOB/g) sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca ultrasonun probiyotik yoğurtların in vitro protein sindirilebilirliğini ve toplam amino asit miktarlarını da pozitif yönde etkilediği rapor edilmiştir. Çalışmada, ultrason uygulamasının süt ürünlerinde probiyotik canlılığın, antioksidan kapasitesinin, çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin ve proteinlerin sindirilebilirliğinin iyileştirilmesine yardımcı olduğu ve ultrason

uygulaması ile işlenmiş süt ürünleri için fonksiyonel gıda pazarında bir fırsat sağlayabileceği sonucuna varılmıştır (Akdeniz vd., 2024).

Tavşanlı vd. (2024), yoğurt mayası inkoküle edilmeden önce ve inokülasyon sonrasında süte ultrason (20 kHz frekans, 15 dk. işlem süresi) uygulamışlardır. Ultrason uygulanan örneklerin parlaklık (L^*) değerleri, asetaldehit, diasetil, asetoin, etanol, laktik asit, piruvik asit ve asetik asit miktarları kontrole kıyasla daha yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Ayrıca, yoğurt mayası ilavesinden önce veya sonra inek sütüne uygulanan düşük yoğunluklu ultrasonun yoğurdun aroma bileşenlerini ve organik asit içeriğini arttırdığı bildirilmiştir.

Kefir üretiminde ultrason kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Düven vd. (2021) yaptıkları bir çalışmada, ultrasonun kefir fermantasyonunda mikrobiyal aktivite üzerine etkisini araştırmışlardır. Kefir örneklerinin üretiminde 24 kHz'de, 400 W'da, %30 genlik seviyesinde 5 dk. süreyle aralıksız ultrason uygulanmıştır. Kefir fermantasyonunda uygulanan ultrasonun, fermantasyon süresini bir saat kısalttığını, egzopolisakkarit (EPS) ve laktik asit üretim hızını artırdığını ($P>0,05$) rapor etmişlerdir.

1.1.6 Ayran Üretiminde Ultrason Uygulamaları

Geçmişe bakıldığında Türklerin tarih boyunca ağırladıkları misafirlere ilk ikram ettikleri içecek ayrandır. Zamanla bu geleneğin yerini her ne kadar çay alsa da ayran; tadı, besin değeri ve tok tutma özelliği ile yemek kültürümüzdeki yerini korumaktadır. “Ayran” sözcüğü bazı Türkologlara göre “ayır-” fiilinden gelmektedir. Günümüz Türk lehçelerinde ve tarihsel Türk lehçelerinin yazılı kaynaklarında “süt ve ekşitilmiş süt” anlamlarında ürün / yürün / uyan / âyan / ayran şeklinde geçmektedir (Otyzbay, 2019).

Türk Dil Kurumuna göre ayran: “*Süt veya yoğurt yayıkta çalkalanarak yağı alındıktan sonra kalan sulu bölüm*” veya “*Yoğurdun sulandırılıp çalkalanmasıyla yapılan içecek*” olarak tanımlanmaktadır. Yüzyıllardır dilimize yerleşen ayran sözcüğü ile alakalı günümüzde “ayran ağızlı, ayran gönüllü, ayran delisi” gibi mecazi söz grupları sıklıkla kullanılmaktadır (Anonim, 2024a). Ayrıca ayranla ilgili “*Ayrana gidiyor, küleği ardına tutuyor*”, “*Ayran yaydım yayık gibi, yağı çıktı oluk gibi*” ve “*Ayranım ekşi olsun sineği Bağdat'tan gelir*” gibi pek çok halk söyleyişleri vardır (Anonim, 2024b).

Yoğurt, su ve tuz karışımından yapılan ayran; Anadolu, Balkanlar, Orta Asya ve Kafkaslar'da tüketilen meşhur bir içecektir (Zhadyra vd., 2021).

Göktürklerin savaş esnasında ayranı, yoğurdun ekşi tadını azaltmak amacıyla suyla seyrelterek keşfettiği yönünde iddialar mevcuttur (Koçak ve Avşar, 2009). Etnografik araştırmacıların birçoğuna göre de ayran, Kafkasya bölgesine ait bir süt ürünüdür (Kaledina vd., 2021).

Ayrana benzer ürünler arasında İran'da “Dough”, Ermenistan'da “Tan”, Suriye ve Lübnan'da “Laban Ayrar”, Ürdün'de “Shenina”, Güney Hindistan'da “Moru”, Irak'ta “Laban Arbil” ve Kıbrıs'ta “Ayrani” adı verilen ürünler bulunmaktadır (Irkin, 2019). Fakat bu ürünler ayrandan farklı olarak lezzetini arttırmak için aroma vericiler, tatlandırıcılar, renklendiriciler veya meyve şurupları ilave edilerek üretilmektedir (Şanlıbaba ve Tezel, 2023).

Ev yapımı ayran için; yoğurt (yaklaşık %50), su (yaklaşık %50) ve tuz (%0,5–1,0) kullanılır ve içilebilir kıvama gelinceye kadar karıştırılır. Endüstriyel ölçekli üretim için ayran; önceden su ile seyreltilen standardize edilmiş süte starter kültür ilave edilerek (*Streptococcus thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ya da yoğurda su ilave edilmesiyle üretilebilmektedir (Salameh vd. 2016; Say vd., 2018). Yoğurda su ilave edilmesiyle üretilen ayanlarda fermentasyon süreci, pH 4,4-4,6 elde edilene kadar devam etmekte, daha sonra oluşan pıhtı tuzlu su ilavesiyle seyreltilmektedir. Elde edilen ayran içeceğinin pH değeri ise 4,2–4,3'tür (Kabak ve Dobson, 2011). Ayrarın bileşimi hakkında yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Konuspayeva vd. (2023) ayranda toplam kuru madde oranının %1,07-11, protein değerinin %1,44-3,48, mineral madde oranının %0,17-1,75, yağ değerinin %0,1-3, laktik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerinin %0,4-1,73 ve pH'nın ise 3,44-4,44 değerleri arasında değiştiğini rapor etmiştir.

Diğer süt ürünlerinde olduğu gibi ayran üretiminde ultrason uygulaması ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Yapılan bir çalışmada, yüksek yoğunluklu (HIUS) ultrason uygulaması ve ısı uygulaması işlemlerinin ayranın raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayran örneklerine, ultrason (24 kHz, 400 W) farklı güç seviyelerinde (%25 ve %100) ve sıcaklıkta (20 ve 60 °C), 10 dk. boyunca ultrason veya geleneksel ısı işlem (60 ve 70 °C) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 20 °C'deki HIUS, laktik asit bakterileri ve maya-küflerin inaktivasyonu için yeterli bulunmamıştır. En yüksek mikrobiyal inaktivasyon ve en stabil yapı örneklerine uygulanan 70 °C'lik ısı işlem ile sağlanmıştır. Yapılan duyusal analizlerde, HIUS uygulamasının ayrandaki

parçacık boyutunu azalttığı ancak yabancı koku ve tada neden olduğu bildirilmiştir (Kilic-Akyılmaz vd., 2023).

Ertugay vd. (2012), ultrasonun geleneksel Türk içeceği olan ayranın viskozite ve serum ayrılmasına olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada ayran örneklerine %40 (22,91 W), %60 (33,38 W) ve %80 (44,54 W) ultrasonik genlik değerleri 2-4 dk. süre ile uygulanmıştır. Viskozite ise 20, 30, 50, 60, 100 ve 200 rpm hızında döner bir viskozimetre ile ölçülmüştür. Ayrandaki en yüksek görünür viskozite değeri ve en düşük serum ayrılması değeri 44,54 W güç seviyesinde ve 4 dk. ultrason uygulamasından elde edilmiştir.

Yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ve uzun ömürlü ayranın mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; örneklere farklı parametrelerde (Güç: %25 ve %100, sıcaklık: 20 ve 60 °C ve süre: 10 ve 30 dk.) ultrason uygulanmıştır. Sonuç olarak %25 güçte 20 °C’de süte uygulanan ultrason işleminin 85 °C de 30 dk. ısıtma işlem uygulamasına alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Yoğurt bakterileri ve maya-küf inaktivasyonunda 20 ve 60 °C’de uygulanan ultrasonun, 70 °C 10 dk. ısıtma işlem uygulamasına kıyasla yetersiz kaldığı, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısında fazla inaktivasyon sağlamadığı öne sürülmüştür (Uzunoğlu, 2012).

Kurt (2013), yüksek güçlü ultrases uygulamasının fermente süt içeceğinin fiziksel özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışma üç aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde ultrasonun, süte uygulanan ısıtma işlem yerine alternatif olup olmayacağını ortaya koymuştur. Bu amaçla pastörize ve homojenize sütlere farklı güç (%25 ve %100), sıcaklık (20 ve 60 °C) ve sürelerde (10 ve 30 dk.) ultrason uygulamıştır. Kontrol örneğine ise 85 °C’de 30 dk. ısıtma işlem uygulamıştır. Depolama sonunda ısıtma işlem ve ultrases uygulanan örneklerin serum ayrılması değeri benzer bulunmuştur. Ayrıca en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı %100 güç-60 °C-30 dk. ultrases uygulanan örnekte tespit edilmiştir. Yağlı kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde fiziksel kalite özellikleri açısından %25 güç-60 °C-10 dk. ultrases uygulaması ısıtma işleme en yakın sonuçları verdiği, yağsız örneklerde ise ısıtma işleme yakın sonuçlar elde edilemediği ifade edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında geleneksel homojenizasyon işlemiyle %25 güç-50 °C-10 dk. ultrason uygulaması karşılaştırılmış ve reolojik özellikler açısından benzer sonuçlar ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Üçüncü aşamada uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde ısıtma işlemi

uygulaması ve 60 °C’de ultrason uygulaması karşılaştırılmış ve neticede her iki uygulamada serum ayrılması değerleri ile reolojik özellikler birbirine yakın bulunmuştur.

Erkaya vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada, ayrıca termosonikasyon uygulamasının raf ömrü üzerine etkisini incelemişlerdir. Farklı sıcaklık değerlerinde (60, 70 ve 80 °C) ve farklı sürelerde (1, 3 ve 5 dk.) uygulanan termosonikasyonda, en düşük serum ayrılması termosonikasyonun 70 °C’de 3 dk. kombinasyonundan elde edildiği belirlenmiştir. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarının sıcaklık ve süre arttıkça azaldığı, maya-küf sayılarının ise depolama süresi boyunca <1 log KOB/mL olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Gursoy vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, önceden 70 °C’de ısıtılmış sütlere 100, 125 ve 150 W güçlerinde ultrason uygulanmıştır. Ayran örnekleri, termosonikasyon veya geleneksel ısıtma yöntemi (90 °C’de 10 dk.) ile üretilmiştir. Termosonikasyon işleminin, ayran numunelerinin yaklaşık kompozisyonunu ve renk özelliklerini etkilemediği, ayrıca daha yüksek ultrason gücü kullanılmasının görünür viskozite değerlerini arttırırken serum ayrılması değerlerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Ultrason uygulamasının ayran üretiminde bazı kalite parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; farklı güç seviyelerinde (50, 75, 100, 125 ve 150 W) ve farklı sürelerde (2,5 ve 5 dk.), starter kültür ilavesinden önce ve karıştırma aşamasından sonra, 24 kHz sabit frekansta ultrason uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, starter kültür ilavesinden önce ultrason uygulamasının ayranın genel bileşimi üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı ($P>0,05$), serum ayrılması değerlerinde belirgin bir azalış ve görünür viskozite değerlerinde belirgin bir artış gösterdiği ($P<0,05$); ancak duysal olarak lezzetin yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Pıhtı kırım aşamasından sonra ultrason uygulamasının ise ayranın genel bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ($P>0,05$), serum ayrılması miktarını azaltma ve viskozite değerlerini artırma açısından belirgin bir katkısı olmadığı, duysal olarak özellikle 5 dk. süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların depolamanın son gününde olumsuz lezzet algılanmasına neden olduğu belirlenmiştir (Yazar Özen, 2017).

Duman (2019) yaptığı bir çalışmada, ultrason uygulayarak (150 W, 5 dk.), ultrason uygulamadan %0,01, %0,02 ve %0,03 oranlarında transglutaminaz enzimi

ilave ederek ve her iki uygulamanın kombinasyonu ile ayran üretmiştir. Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam laktobasil ve toplam streptokok sayıları 7 log KOB/mL değerinin altına düşmediği; ultrason + transglutaminaz enzimi ile muamele, kontrol örneğine kıyasla örneklerin % asitlik değerlerini düşürdüğü ifade edilmiştir ($P<0,05$). Kontrol grubu ile kıyaslandığında ultrasonun, farklı oranlarda transglutaminaz enzimi ile muamele edilen ve her iki uygulamanın birlikte kullanıldığı ayran örneklerinde serum ayrılmasını önemli düzeyde azalttığı aynı zamanda görünür viskoziteyi arttırdığı rapor edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca transglutaminaz enziminin tek başına uygulanması yerine düşük konsantrasyonda (%0,01) ve ultrason ile birlikte uygulanmasının, ayranlarda serum ayrılmasının azaltılması ve aynı zamanda görünür viskozite değerinin artırılması amacıyla kullanımının daha etkili olabileceği belirtilmiştir.

Gelişen teknoloji ve değişen tüketici talepleri nedeniyle gıda endüstrisinde her geçen gün sayısız uygulamalar görmek mümkündür. Tüketiciler, artan bilinçle birlikte daha güvenli gıdalara yönelmekte ve tercihlerini bu yönde kullanmaktadır. Bu düşünceden hareketle besin öğelerinin biyoyararlılığı üst düzeyde korunmuş gıdalara yönelim artmaktadır. Üreticiler de, besin öğelerinde en az kayıpla gıda üretiminin yapılmasını hedeflediğinden yeni ve ekonomik teknolojiler kullanmaya yönelmektedirler.

Ultrasonun çevre dostu teknolojilerden biri olması ve daha düşük enerji gerektirmesi sektör için en büyük avantajlardan bazılarıdır. Diğer yandan süt ürünleri günlük beslenmede yer alan temel besin gruplarından biridir. Klasik Türk beslenme kültüründe peynir çeşitleri, yoğurt ve ayran vazgeçilmez ürünlerdir. Ayran da her yaştan bireyin severek tükettiği bir içecektir. Talep nedeniyle üretim potansiyeli yüksek olan ayranın gerek besin kalitesinin korunması gerekse teknolojik özelliklerinin optimize edilmesi açısından üretim tekniğinde ultrason kullanımı ile alakalı çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmalar araştırma düzeyinde kalmıştır. Bu sebeple, gelecekte ultrasonun endüstriyel ölçekte uygulanabilmesi açısından daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Bu konuda yapılan optimizasyon çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Özellikle ham maddeye uygulanan işlemler, ayrıca ürüne uygulanan ultrason güç ve süre gibi parametreler ayranın kalite ve reolojik özelliklerini etkilemektedir.

Bu çalışmada öncelikle ayran üretimine en uygun ultrason parametreleri (güç ve süre) belirlenmiştir. Daha sonra iki farklı yöntemle ayran üretimi yapılmış

ve her iki yöntemde kullanılan sütlere farklı aşamalarda, belirlenen ultrason gç ve süresi uygulanmıştır. Elde edilen örnekler 21 gün boyunca depolanmış ve ayran örneklerinin önemli bazı özellikleri incelenmiştir. Ortaya ckan sonuçlar endüstride ayran üretiminde ultrason uygulamasına yönelik önemli bilgiler sunmaktadır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Ayran örnekleri üretiminde kullanılan tam yağlı inek sütü, Bolu ilinde merkeze bağlı Kasaplar köyündeki bir çiftlikten temin edilmiştir. Temin edilen çiğ inek sütlerinin bileşimi Tablo 2.1’de sunulmuştur. Starter kültür olarak Centro Sperimentale Del Latte (CSL) firmasına (İtalya) ait *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* karışımı liyofilize kültür kullanılmıştır. Üretimde ayrıca marketten temin edilen hazır içme suyu ve iyotsuz sofr tuzu kullanılmıştır. Ayran örneklerine ultrason uygulamalarında Bandelin Sonopuls UW3200 marka (Almanya) ultrason cihazı kullanılmıştır (Fotoğraf 2.1).

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan çiğ sütlerin bazı kimyasal özellikleri

Süt kodu*	Özellikler ($\bar{x} \pm SD$, n=2)				
	Kuru madde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Asitlik (%)	pH
G1, K1	12,32±0,304	3,19±0,191	4,00±0,566	0,17±0,042	6,61±0,014
G2, K2	11,07±0,035	2,83±0,000	3,65±0,212	0,14±0,000	6,70±0,064
G3, K3	11,55±0,163	2,96±0,092	3,80±0,283	0,16±0,000	6,61±0,014
S1, K1	11,40±0,085	3,07±0,099	3,85±0,071	0,16±0,007	6,71±0,021
S2, K2	11,50±0,912	3,06±0,064	4,13±1,379	0,14±0,007	6,66±0,021
S3, K3	11,60±0,156	3,41±0,219	3,50±0,000	0,20±0,021	6,58±0,0141

$\bar{x}$: Ortalama, SD: Standart sapma, n: Tekerrür üretimlerde kullanılan süt örneği sayısı, *: Her bir sırada gösterilen değerler aynı parti sütün özelliklerini göstermektedir. G: Geleneksel yöntemle (yoğurdu sulandırarak) ayran üretimi, S: Sütü sulandırarak ayran üretimi. “1” kodlu örnekler (G1 ve S1): Pastörizasyondan önce US uygulamasını, “2” kodlu örnekler (G2 ve S2): Pastörizasyondan sonra US uygulamasını ve “3” kodlu örnekler (G3 ve S3): Pastörize etmeden sadece US uygulanan ayran örneklerini temsil etmektedir.



Fotoğraf 2.1 Ultrason cihazının genel görüntüsü

2.2 Yöntem

2.2.1 En Uygun Ultrason Parametrelerinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında ilk aşamada, ayran üretiminde kullanılacak olan ultrason parametrelerini (en ideal güç ve süre) belirlemek amacıyla 3 farklı güç seviyesi (75 W, 100 W ve 125 W) ve her bir güç seviyesi için 4 farklı süre (5, 10, 20 ve 30 dk.) dikkate alınmıştır.

Laboratuvara getirilen çiğ sütler, bir bez yardımıyla süzölmüştür. Ardından süt örneklerine 20 °C’de ultrason uygulanmıştır. Ultrason farkını daha iyi ortaya koymak amacıyla ultrason uygulanan ayran örneklerinin sütleri pastörize edilmemiştir. Ultrason uygulamaları ve örnek sayıları kontrol dahil Tablo 2.2’de verilmiştir. Buna göre ilk aşama için toplamda tekerrürler dahil 30 ayran örneği üretilmiştir. Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne göre ayranın süt proteinini kütleye en az %2 olmalıdır (Anonim, 2022b). Ayran örneklerinin üretiminde yoğurda katılacak olan su miktarını belirlemek amacıyla öncelikle üretimde kullanılacak çiğ sütün % protein değeri belirlenmiştir. Sulandırma işleminde gereken su miktarı Pearson Kare Yöntemi ile ayranın protein oranı kütleye %2 olacak şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 2.2. Ultrason güç ve süreleri ve ayran örnek sayıları

Ultrason gücü (W)	Ultrason süresi (dk.)					Toplam örnek sayısı
	0	5	10	20	30	
*K ₇₅	2 ⁿ					2
75		2	2	2	2	8
K ₁₀₀	2					2
100		2	2	2	2	8
K ₁₂₅	2					2
125		2	2	2	2	8
Toplam örnek sayısı	6	6	6	6	6	30
*K: Kontrol örnekleri (0 W, 0 dk.). Her bir güç seviyesi için kontrol örneği ayrı üretilmiştir. n: Tekerrür sayısı.						

Ultrason uygulamasından sonra her bir örneğe starter kültür ilave edilerek 44 °C’de pH 4,6’ya gelene kadar fermente edilmiştir. Elde edilen yoğurt örnekleri buzdolabında 1 gece dinlendirilmiştir. Ertesi gün ayrandaki protein oranı %2 olacak şekilde yoğurt örneklerine hazır su ve %0,75 oranında (ön denemelerle bulunmuştur) tuz ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Bu şekilde elde edilen ayran örnekleri 21 gün boyunca depolanmıştır. Bu aşamada kontrol örneği (GK) Bölüm

2.2.2’de belirtildiği şekilde geleneksel yöntemle üretilmiştir. Analizler (pH, asitlik, serum ayrılması, viskozite ve renk tayinleri) depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde yapılmıştır. Veriler istatistiksel olarak ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Sonuçta 100 W ultrason gücü ve 20 dk. uygulama süresi ayran üretimi için ideal parametreler olarak belirlendiğinden, bundan sonraki aşamalarda geleneksel (G) ayran üretimi ve süte su katarak (S) ayran üretiminde yapılan ultrason uygulamalarında 100 W güç ve 20 dk. süre kullanılmıştır.

2.2.2 Geleneksel Yöntemle Üretilen Ayranlara Ultrason Uygulaması

Bu aşamada ayran örneklerinin üretimi Tablo 2.3’de belirtildiği şekilde yapılmıştır. Geleneksel yöntemle üretilen kontrol örneği (GK); pastörizasyondan önce ultrason uygulaması ile elde edilen örnek (G1), pastörizasyondan sonra ultrason uygulaması ile elde edilen örnek (G2) ve sadece ultrason uygulaması (ısıtma uygulaması yok) ile elde edilen ayran örneği (G3) olmak üzere toplamda 4 farklı örnek üretilmiştir.

Örneklerin üretim aşamaları Tablo 2.3’de gösterilmiştir. Tablo 2.3’den de anlaşılacağı üzere, kontrol örneklerinin (GK) üretiminde tam yağlı çiğ inek sütü kullanılmıştır. Tablo 2.3’de görülen G1, G2 ve G3 örneklerinin kontrolleri ayrı ayrı üretilmiştir. Çiğ süt kaba kirlerinden arındırılması için temiz bir süzme bezi yardımıyla süzölmüştür. Süt tencereye aktarılıp 90 °C’de 5 dk. boyunca karıştırılarak pastörize edilmiştir. Sulandırmada dikkate almak üzere, üretimde kullanılacak sütün hacmi mezür yardımıyla ölçülmüş ve 1 L hacimli steril yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) şişelere aktarılmıştır. Daha sonra mayalama derecesine (44±2 °C) soğutulan süte %2 oranında starter kültür ilave edilip karıştırılmıştır. İnkübasyon sıcaklığı 44±2 °C olarak ayarlanmıştır. Fermantasyon esnasında örneklerin pH’sı takip edilmiş, pH 4,6’ya geldiğinde inkübasyona son verilmiştir. Üretilen yoğurt örnekleri <10 °C’ye soğutulup +4 °C’de buzdolabı koşullarında 12 saat bekletilmiştir. Daha sonra sulandırma işlemine geçilmiştir. Üretimde kullanılan sütün hacmi baz alınarak, çiğ sütün protein oranına göre ayran örneğindeki protein oranı %2 olacak şekilde yoğurtlara su ilave edilmiştir. Son olarak ayran örneklerine %0,75 oranında iyotsuz sofr tuzu katılmıştır. Ayran şişeleri homojen bir karışım elde etmek amacıyla çalkalanmıştır. Üretilen ayranlar

+4 °C’de 21 gün boyunca depolanmıştır. Kontrol ayran örnekleri “GK” olarak kodlanmıştır.

Tablo 2.3. Geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinin üretim akış şeması

Kontrol örneği (GK)	Pastörizasyondan önce US uygulaması ile ayran üretimi (G1)	Pastörizasyondan sonra US uygulaması ile ayran üretimi (G2)	Sadece US uygulaması ile ayran üretimi (G3)
Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓
Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓
Pastörizasyon (90°C, 5 dk) ↓	Ultrason uygulaması (20°C) ↓	Pastörizasyon (90°C, 5 dk) ↓	Ultrason uygulaması (20°C) ↓
Mayalama derecesine soğutma (44±2°C) ↓	Pastörizasyon (90°C, 5 dk) ↓	Soğutma ve US uygulaması (20°C) ↓	Mayalama derecesine ayarlama (44±2°C) ↓
Starter ilavesi (%2) ↓	Mayalama derecesine soğutma (44±2°C) ↓	Mayalama sıcaklığına ayarlama (44±2°C) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓
İnkübasyon (4.6 pH’ya kadar) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓	İnkübasyon (4.6 pH’ya kadar) ↓
Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4°C’de 12 saat) ↓	İnkübasyon (4.6 pH’ya kadar) ↓	İnkübasyon (4.6 pH’ya kadar) ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4°C’de 12 saat) ↓
Su ilavesi ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4°C’de 12 saat) ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4°C’de 12 saat) ↓	Su ilavesi ↓
Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Su ilavesi ↓	Su ilavesi ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓
Paketleme ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Paketleme ↓
Depolama (+4°C’de 21 gün)	Paketleme ↓ Depolama (+4°C’de 21 gün)	Paketleme ↓ Depolama (+4°C’de 21 gün)	Depolama (+4°C’de 21 gün)

Pastörizasyondan önce US uygulanarak üretilen ayranlarda (G1) kontrol örneğinden farklı olarak süzme işleminden hemen sonra 20 °C’de 100 W gücünde 20 dk. boyunca ultrason uygulanmıştır. Pastörizasyondan sonra US uygulaması ile üretilen ayranlarda (G2) pastörize edilen süt hızlıca 20 °C’ye soğutulmuş 100 W gücünde 20 dk. boyunca ultrason işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem dışında diğer üretim basamakları kontrol örneği ile aynıdır. Sadece US uygulaması ile üretilen ayranlarda (G3) ise pastörizasyon işlemi yoktur. Pastörizasyonun yerine kontrol örneğinden farklı olarak 20 °C’de 100 W gücünde 20 dk. süresince ultrason

uygulanmıştır. Her bir örneğin üretimi iki tekerrürlü yapılmıştır. Toplamda 12 örnek $[(G1+GK1+G2+GK2+G3+GK3) \times 2=12]$ üretilmiştir.

2.2.3 Süte Su Katarak Üretilen Ayranlara Ultrason Uygulaması

Sütün sulandırılmasıyla üretilen kontrol örneği (SK); pastörizasyondan önce ultrason uygulaması ile elde edilen örnek (S1), pastörizasyondan sonra ultrason uygulaması ile elde edilen örnek (S2) ve sadece ultrason uygulaması (ısıtma uygulaması yok) ile elde edilen ayran örneği (S3) olmak üzere bu grup altında da toplamda 4 farklı örnek üretilmiştir. Üretilen ayran örneklerinin üretim akış aşamaları Tablo 2.4'te sunulmuştur.

Kontrol örneğinin (SK) üretiminde tam yağlı çiğ inek sütü süzme bezinden geçirilerek süzölmüştür. Başlangıçta belirlenen çiğ sütün protein oranı baz alınarak üretimde kullanılacak süte, ayrandaki protein oranı %2 olacak şekilde su ilavesi yapıp karıştırılmıştır. Sulandırılmış süt uygun bir tencerede 90 °C'de 5 dk. boyunca ara ara karıştırılarak pastörize edilmiştir. Pastörizasyondan sonra sulandırılmış sütün sıcaklığı hızlı bir şekilde mayalama sıcaklığına (44±2 °C) soğutulmuştur. Bu aşamada sütlere %2 oranında starter kültür ilave edilmiştir. Starter kültürün iyice karışması için ayran kapları hafif şekilde çalkalanmıştır. Ardından örnekler 44±2 °C'ye ayarlanan inkübatörde pH 4,6'ya düşene kadar inkübe edilmiştir. İnkübasyon tamamlanınca soğutma işlemi (<10 °C) gerçekleştirilmiştir. Bilahare örnekler, buzdolabı koşullarında (+4 °C) 12 saat dinlendirmeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda iyotsuz sofr tuzu %0,75 oranında örnekler ilave edilmiş ve ardından iyi bir şekilde çalkalanmıştır. Üretilen ayranlar +4 °C'de 21 gün süresince depolanmıştır. Bu yöntemle üretilen ayran örnekleri "SK" olarak kodlanmıştır.

Pastörizasyondan önce US uygulanarak üretilen ayranlarda (S1) kontrol örneğinden farklı olarak su ilavesinden hemen sonra süt-su karışımına 20 °C'de 100 W gücünde 20 dk. boyunca ultrason uygulanmıştır. Pastörizasyondan sonra US uygulaması ile üretilen ayranlarda (S2) pastörize edilen süt-su karışımı hızlıca 20 °C'ye soğutulmuş 100 W gücünde 20 dk. boyunca ultrason işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem dışında diğer üretim basamakları kontrol örneği ile aynıdır. Sadece US uygulaması ile üretilen ayranlarda (S3) ise pastörizasyon işlemi yoktur. Pastörizasyonun yerine kontrol örneğinden farklı olarak su ilave edilmiş süte 20 °C'de 100 W gücünde 20 dk. süresince ultrason uygulanmıştır. Her bir örneğin

üretimi iki tekerrürlü yapılmıştır. Bu yöntemle de toplamda 12 örnek [(S1+SK1+S2+SK2+S3+SK3) x 2=12] üretilmiştir.

Tablo 2.4. Sütün su katarak üretilen ayran örneklerin üretim akış şeması

Kontrol örneği (SK)	Pastörizasyondan önce US uygulanarak ayran üretimi (S1)	Pastörizasyondan sonra US uygulanarak ayran üretimi (S2)	Sadece US uygulaması ile ayran üretimi (S3)
Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓	Tam yağlı çiğ inek sütü ↓
Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓	Süzerek temizleme ↓
Su ilavesi ↓	Su ilavesi ↓	Su ilavesi ↓	Su ilavesi ↓
Pastörizasyon (90°C, 5 dk) ↓	Ultrason uygulaması (20°C) ↓	Pastörizasyon (90°C'de, 5 dk) ↓	Ultrason uygulaması (20°C) ↓
Mayalama derecesine soğutma (44±2°C) ↓	Pastörizasyon (90°C, 5 dk) ↓	Soğutma ve US uygulaması (20°C) ↓	Mayalama derecesine ayarlama (44±2°C) ↓
Starter ilavesi (%2) ↓	Mayalama derecesine soğutma (44±2°C) ↓	Mayalama sıcaklığına ayarlama (44±2°C) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓
İnkübasyon (4.6 pH'ya kadar) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓	Starter ilavesi (%2) ↓	İnkübasyon (4.6 pH'ya kadar) ↓
Soğutma (<10 °C) ve bekletme (+ 4°C'de 12 saat) ↓	İnkübasyon (4.6 pH'ya kadar) ↓	İnkübasyon (4.6 pH'ya kadar) ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4 °C'de 12 saat) ↓
Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4 °C'de 12 saat) ↓	Soğutma (<10°C) ve bekletme (+ 4°C'de 12 saat) ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓
Paketleme ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Tuz ilavesi ve karıştırma ↓	Paketleme ↓
Depolama (+4°C'de 21 gün)	Paketleme ↓	Paketleme ↓	Depolama (+4°C'de 21 gün)
	Depolama (+4°C'de 21 gün)	Depolama (+4°C'de 21 gün)	

2.3 Örneklerle Uygulanan Analizler

2.3.1 Çiğ Süt Örneklerinde Yapılan Analizler

Çiğ sütte kuru madde (%), yağ (%), protein (%), asitlik (%) ve pH tayini Kurt vd., (1996)'ne göre yapılmıştır.

2.3.2 Ayran Örneklerinde Yapılan Analizler

2.3.2.1 Kimyasal Analizler

Kuru Madde Oranının Belirlenmesi (%)

Kurutma kapları etüvde 105 °C'de 1 saat kurutulup soğutulmuş, darası alınmıştır. Yaklaşık 3 g ayran örneği tartılıp kurutma kabına iyice yayılması sağlanmıştır. Etüvde 105 °C'de 2-3 saat tutulmuştur. Örnekler desikatörde yarım saat soğutulup tartım alınmıştır. Tekrar etüve koyulan örnekler 1 saat daha tutulup, desikatörde soğuyunca tartılmıştır. Ağırlığın sabit hale gelip gelmediği kontrol edilmiştir. Ağırlık sabit hale gelmiş ise % kuru madde (KM) değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Kurt vd., 1996).

$$\% KM \text{ değeri} = \frac{\text{Son Tartım} - \text{Dara (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (2.1)$$

Protein Miktarının Belirlenmesi (%)

1 mL ayran örneği Kjeldahl tüpünde tartılmış, üzerine 2 adet Kjeldahl tableti eklenmiştir. Tüplere 12 mL kesif sülfirik asit ilave edilmiştir. Yakma ünitesinde (Velp Scientifica, İtalya) örnekler 105 °C, 200 °C, 300 °C'de 10 dk. ve 400 °C'de 120 dk. olmak üzere aşamalı şekilde berrak yeşil renk elde edilinceye kadar yakılmıştır. Tüpler soğuduktan sonra distilasyon ünitesine (Velp Scientifica UDK 139, İtalya) bağlanmıştır. Distilasyon sistemi tüpün içerisine 50 mL %40'lık NaOH ve 50 mL su çekecek şekilde ayarlanmıştır. Distilat toplama ünitesine koyulan erlenin içine ise 25 mL %4'lük borik asit, üçer damla metil red ve brom kresol indikatörü ilave edilmiştir. Elde edilen distilat 0,1 N HCl ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan HCl miktarı formülde yerine konarak % azot miktarı ardından % protein miktarı hesaplanmıştır (Kurt vd., 1996).

$$\% Azot = \frac{(A-B) \times N \times 0,014}{\text{örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (2.2)$$

A: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (mL)

B: Şahit için harcanan HCl miktarı (mL)

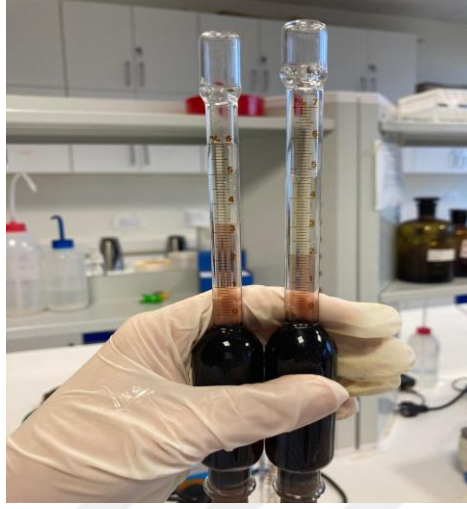
N: HCl'in normalitesi

$$\% Protein = (\% Azot) \times 6,38 \quad (2.3)$$

Yağ Oranının Belirlenmesi (%)

Bütirometreye önce 1,82 özgül ağırlığında 10 mL sülfirik asit, üzerine yavaşça 11 mL ayran örneği ve 1 mL amil alkol eklenmiştir. Kullanılan örneğin sıcaklığının 20 °C civarında olmasına dikkat edilmiştir. Bütirometreler alt-üst edilerek örneğin iyice karışması sağlanmıştır. Önceden ısıtılmış santrifüjde 5 dk.

boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkarılan örneklerin % yağ değeri bütirometre skalasından okunup (Fotoğraf 2.2) kaydedilmiştir (Kurt vd., 1996).



Fotoğraf 2.2 Ayran örneklerinde yağ oranının belirlenmesi

Titre Edilebilir % Asitlik Değerinin Belirlenmesi

İyice karıştırılan ayran örneğinden 20 g alınarak 100 mL’lik bir erlene boşaltılmıştır. Sonra üzerine 1 mL fenolftalein belirteci (etil alkolde hazırlanmış %1’lik fenolftalein) eklenerek 0,1 N NaOH çözeltisiyle açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan 0,1 N NaOH miktarı formülde yerine konularak (%) asitlik miktarı laktik asit cinsinden belirlenmiştir (Kurt vd., 1996).

$$\% \text{ Laktik asit} = \frac{V \times 0,009}{m} \times 100 \quad (2.4)$$

V: Titrasyonda kullanılan 0,1 N NaOH miktarı (mL)

m: Titrasyonda kullanılan ayran örneğinin miktarı (g)

pH Tayini

Ayran örneklerinin pH değerini belirlemek amacıyla, dijital pH metre (Hanna Instruments HI 83141, İtalya) kullanılmıştır. Cihaz kullanımdan önce pH=7 ve pH=4 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiştir. Uygun bir kaba konulan ayran örnekleri hafifçe karıştırılmış ve pH metrenin probu örneğe daldırmak suretiyle pH değeri sabitleninceye kadar beklenerek pH değeri kaydedilmiştir. Ölçümler 20 °C civarında yapılmıştır (Kurt vd., 1996).

2.3.2.2 Biyokimyasal Analizler

Suda Eriyen Azot (WSN) Oranının Belirlenmesi (%)

Ayran örneklerinde suda eriyen azot miktarının belirlenmesi amacıyla Bütikofer vd. (1993) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Analiz için 10 mL ayran örneği alınarak 50 mL distile suda (40 °C) homojenize edilmiş ve karışım 40 °C’de 1 saat tutulmuştur. Sonra karışım 3000xg’de 30 dk. santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 4 °C’ye soğutularak filtre edildikten sonra süzüntüden 10 mL alınarak azot içeriği Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kurt vd., 1996). Suda eriyen azot oranının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{Suda Eriyen Azot (\%)} = \frac{V \times N \times 0,014}{G} \times 100 \quad (2.5)$$

V: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (mL)

N: HCl’in normalitesi

G: Örnek miktarı (g)

Lipoliz Oranının Belirlenmesi (%)

Ayran örneklerinde lipoliz değeri asitlik derecesi ADV (Acid Degree Value) cinsinden Salji ve Kroger (1981) ile Case vd. (1985)’nin belirttikleri yönteme göre belirlenmiştir. Bu amaçla pipet yardımıyla 35 mL ayran örneği alınarak bu iş için özel yaptırılmış bütirometre içerisine aktarılmış ve üzerine 10 mL BDI reagent (30 g Triton X-100 ve 70 g sodium tetra fosfat tartılarak distile su ile 1 L’ye tamamlanıp iyice eritilmiştir) ilave edilmiştir. Yağın serbest kalmasını sağlamak için bütirometreler kaynayan suyun içinde 20 dk. bekletilmiştir. Daha sonra karışım Gerber santrifüjünde 1 dk. santrifüj edilmiştir. Yağ tabakasının bütirometrelerin boğaz kısmına gelmesini sağlamak amacıyla yeterince sulu metanol (1:1) ilave edilerek, tekrar 1 dk. santrifüj edilmiştir. Bütirometreler 57 °C’deki su banyosunda 5 dk. bekletilmiştir. Ayrılan yağ tabakası 1 mL’lik bir şırınga yardımıyla alınıp küçük bir erlene aktarılmış ve tartılmıştır. Bu esnada şırıngaya serum kaçmamasına dikkat edilmiştir. Sonra üzerine 5 mL yağ solventi (4 kısım petrolyum eter, 1 kısım n-propanol) eklenmiştir. Erlene 5 damla metanol ile hazırlanmış %1’lik fenolftalein belirteci ilave ederek ilk soluk renge kadar 0,02 N potasyum hidroksit (metanolde hazırlanmış) ile titre edilmiştir. Lipoliz oranı, asitlik derecesi olarak (ADV) aşağıdaki formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ADV (\%) = \frac{((A-B) \times N)}{Y} \times 100 \quad (2.6)$$

A: Örnek için harcanan KOH miktarı (mL)

B: Şahit için harcanan KOH miktarı (mL)

N: KOH'ın normalitesi

Y: Örnekten elde edilen yağın ağırlığı (g)

Asetaldehit Tayini (ppm)

10 mL ayran örneği 30 mL saf su ile karıştırılarak mikrokjeldahl düzenine bağlanmış ve 10 mL destilat toplanmıştır. Destilattaki asetaldehiti tutmak için ortama 1 mL 0,25 M sodyum bisülfıt çözeltisi ilave edilmiştir. Sodyum bisülfıt ve asetaldehit arasında meydana gelen reaksiyonu geri dönüşümsüz hale getirmek amacıyla karışımın pH'ı 0,1 N NaOH çözeltisiyle 9'a ayarlandıktan sonra ağzı alüminyum folyo ile kapatılarak karanlık bir yerde 15 dk. bekletilmiştir. İndikatör olarak %1'lik nişasta çözeltisinden 1 mL ilave edip, mor renge kadar öncelikle 0,1 N iyot çözeltisi ile titre edilmiştir. Ardından 1 g NaHCO₃ ilave edilip 0,005 N iyot çözeltisi ile yeniden mor renge kadar (Fotoğraf 2.3) titre edilmiştir. Harcanan 0,005 N iyot çözeltisi miktarı, formülde yerine konularak ppm cinsinden asetaldehit miktarı hesaplanmıştır (Biberoğlu, 2012).

$$Asetaldehit (ppm) = \frac{44 \times V \times N}{m} \times 1000 \quad (2.7)$$

V: Titrasyonda harcanan 0,005 N iyot çözeltisi miktarı (mL)

N: Son titrasyonda kullanılan iyot çözeltisinin normalitesi (mL)

m: Örnek miktarı (mL)



Fotoğraf 2.3 Asetaldehit analizinde titrasyon sonucu oluşan mor renk

2.3.2.3 Fiziksel Analizler

Serum Ayrılması Analizi (%)

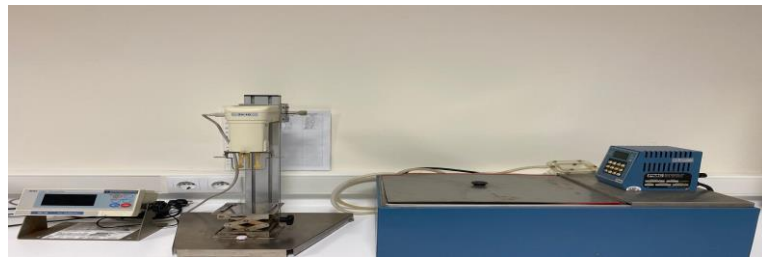
Serum ayrılması analizi Lucey vd. (1999)'nin yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Ayran örnekleri üretimden hemen sonra dereceli mezürlere (25 mL) konarak her bir örnek için ikişer mezür hazırlanıp +4 °C'de depo edilmiştir. Belirlenen depolama süreleri sonunda üstte kalan sıvı kısmın (Fotoğraf 2.4) hacmi ölçülerek serum ayrılması not edilmiştir. Serum ayrılması miktarı mL üzerinden yüzdeye (%) çevrilerek ifade edilmiştir.



Fotoğraf 2.4 Ayran örneklerinde serum ayrılmasının tespit edilmesi

Viskozite Tayini (mPa.s)

Ayran örneklerinin viskozite değerleri viskozimetre cihazı (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) (Fotoğraf 2.5) kullanılarak 15°C'de direkt ölçüm yapılmıştır. Cihazdan 2 dk. boyunca toplam 15 saniyede bir olmak üzere toplam (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 ve 120. sn.) sonuç alınmıştır. Bu 9 sonucun ortalaması, o örneğin viskozite değeri olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar mPa.s cinsinden ifade edilmiştir.



Fotoğraf 2.5 Viskozite tayininde kullanılan viskozimetre

Renk Tayini

Ayran örneklerinin CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) L*, a* ve b* değerleri renk tayin cihazı (Konica Minolta CR400, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür.

2.3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler

***Streptococcus* spp. Sayımı**

Steril %0,1 tamponlu pepton su ile seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. *S. thermophilus*'u saymak için M17 Agar kullanılmış ve petriler aerobik olarak 37 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Tüm analizler iki paralel halinde gerçekleştirilmiştir. Analizde dökme plak yöntemi kullanılmıştır (Erkaya vd., 2015). Sonuçlar log₁₀ KOB/mL cinsinden ifade edilmiştir.

***Lactobacillus* spp. Sayımı**

Steril %0,1 tamponlu pepton su ile seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* petrileri anaerobik olarak 37 °C'de 72 saat süreyle inkübe edilmiş MRS Agar üzerinde sayılmıştır. Analizde dökme plak yöntemi kullanılmıştır (Erkaya vd., 2015). Sonuçlar log₁₀ KOB/mL cinsinden ifade edilmiştir.

Maya-Küf Sayımı

Maya-küf sayımı için %10 sterilize laktik asit ile pH 3,5 ± 0,1'e asitlendirilmiş Potato Dekstroz Agar (PDA) kullanılmıştır. Analizde dökme plak yöntemi kullanılmıştır. Petriler 5-7 gün 25 °C'de inkübe edilmiştir (Erkaya vd., 2015). Sonuçlar log₁₀ KOB/mL cinsinden ifade edilmiştir.

2.3.2.5 Duyusal Analizler

Duyusal analizlerde örnekler “Kontrolle göre fark” testi uygulanmıştır (Metin, 1977). Buna göre; duyusal teste katılacak panelistlerden US uygulanan örneklerin kontrol örneğinden farkı tespit etmesi istenmiştir. Örneklerin birbirinden farkının daha iyi anlaşılabilmesi için her örneğin tadımından sonra su içmeleri tavsiye edilmiştir. Örnekler şeffaf plastik bardakta servis edilmiştir. Duyusal testlerde 4 eğitilmiş panelist görev almıştır. Duyusal testlerde Metin (1977) tarafından verilen form modifiye edilerek kullanılmıştır (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Duyusal analizde kullanılan panelist formu

AYRAN DUYUSAL ANALİZ FORMU																
Tarih:								Panelistin Adı:								
Size verilen örnekleri, kontrole göre kıyaslayınız. Her örneği kontrol ile kıyaslayarak, kontrolden iyi, aynı veya kötü olup olmadığını karşılarındaki kutucuğa işaretleyiniz. Açıklama kısmına farkın ne olduğunu yazınız.																
	Renk ve Görünüş				Yapı ve Kıvam				Tat ve Aroma				Koku			
	K ile aynı	K.den iyi	K.den kötü	Açıklama*	K ile aynı	K.den iyi	K.den kötü	Açıklama*	K ile aynı	K.den iyi	K.den kötü	Açıklama*	K ile aynı	K.den iyi	K.den kötü	Açıklama*
Örnek kodu																
Örnek kodu																
*: Açıklama kısmına, kontrole göre iyi ya da kötü olarak tespit ettiğiniz farkı tam olarak yazınız. Örneğin kontrole göre kıyaslanan örneğin rengini "iyi" olarak işaretlemişseniz açıklama kısmına "daha beyaz" şeklinde yazılabilir. Ayrıca bunun gibi ilave açıklamalar da yazılabilecektir.																

2.3.2.6 İstatistiksel Analizler

Birinci aşamada elde edilen verilerin istatistiksel analizi ve yine ikinci aşamada üretilen örneklerde depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı ve her bir yönteme ait örnek ortalamalar (örneğin G1, G2 ve G3) arasındaki farkı tespit etmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Aynı numaralı yöntemler (örneğin G1 ve S1) arasındaki farkın ortaya konmasında ve örneklerin kendi kontrol grubuyla (örneğin G1 ile GK1) kıyaslanmasında T-testi uygulanmıştır (Devore ve Peck, 1993). Elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizleri SPSS ver. 25 (IBM) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Ayran Üretiminde Kullanılacak Ultrason Parametrelerinin Belirlenmesi

3.1.1 Asitlik (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Bu aşamada, ayranlarda kullanılabilecek en ideal ultrason güç ve süresinin ortaya konulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla, 75 W, 100 W ve 125 W ultrason gücü ve her bir güç için 5, 10, 20 ve 30 dk. süreleri dikkate alınmıştır. Uygulanan her bir güç ve sürenin etkisiyle ayran örneklerinin asitlik (%) değerlerinde meydana gelen değişmeler Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde asitlik (%) değerlerinde meydana getirdiği değişmeler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x} \pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	0,47 $\pm$ 0,035	0,48 $\pm$ 0,028	0,48 $\pm$ 0,035	0,48 $\pm$ 0,014	0,48 $\pm$ 0,023 ^{BX}
	5	0,53 $\pm$ 0,049	0,53 $\pm$ 0,042	0,55 $\pm$ 0,056	0,53 $\pm$ 0,000	0,53 $\pm$ 0,034 ^{AX}
	10	0,54 $\pm$ 0,077	0,54 $\pm$ 0,056	0,55 $\pm$ 0,070	0,54 $\pm$ 0,021	0,54 $\pm$ 0,046 ^{AX}
	20	0,54 $\pm$ 0,070	0,55 $\pm$ 0,070	0,53 $\pm$ 0,091	0,53 $\pm$ 0,014	0,53 $\pm$ 0,052 ^{AX}
	30	0,51 $\pm$ 0,091	0,53 $\pm$ 0,084	0,52 $\pm$ 0,077	0,51 $\pm$ 0,021	0,52 $\pm$ 0,056 ^{ABX}
	$\bar{x}$ ($n_3=10$)	0,52 $\pm$ 0,057 ^a	0,52 $\pm$ 0,051 ^a	0,52 $\pm$ 0,057 ^a	0,52 $\pm$ 0,026 ^a	0,52 $\pm$ 0,048 ^x (n_4)
100	0	0,46 $\pm$ 0,028	0,49 $\pm$ 0,021	0,49 $\pm$ 0,000	0,48 $\pm$ 0,021	0,48 $\pm$ 0,021 ^{BX}
	5	0,51 $\pm$ 0,070	0,51 $\pm$ 0,021	0,51 $\pm$ 0,014	0,49 $\pm$ 0,007	0,50 $\pm$ 0,029 ^{AX}
	10	0,52 $\pm$ 0,049	0,52 $\pm$ 0,007	0,52 $\pm$ 0,021	0,51 $\pm$ 0,007	0,52 $\pm$ 0,021 ^{AXY}
	20	0,52 $\pm$ 0,028	0,52 $\pm$ 0,007	0,51 $\pm$ 0,021	0,50 $\pm$ 0,014	0,51 $\pm$ 0,017 ^{AX}
	30	0,52 $\pm$ 0,056	0,52 $\pm$ 0,021	0,51 $\pm$ 0,007	0,51 $\pm$ 0,000	0,51 $\pm$ 0,023 ^{AX}
	$\bar{x}$ ($n_3=10$)	0,50 $\pm$ 0,044 ^a	0,51 $\pm$ 0,017 ^a	0,51 $\pm$ 0,016 ^a	0,50 $\pm$ 0,014 ^a	0,50 $\pm$ 0,026 ^{xy} (n_4)
125	0	0,48 $\pm$ 0,007	0,46 $\pm$ 0,021	0,47 $\pm$ 0,021	0,50 $\pm$ 0,028	0,48 $\pm$ 0,021 ^{BX}
	5	0,51 $\pm$ 0,021	0,50 $\pm$ 0,000	0,50 $\pm$ 0,014	0,51 $\pm$ 0,021	0,50 $\pm$ 0,014 ^{AX}
	10	0,52 $\pm$ 0,014	0,49 $\pm$ 0,007	0,49 $\pm$ 0,014	0,51 $\pm$ 0,007	0,50 $\pm$ 0,016 ^{AY}
	20	0,52 $\pm$ 0,042	0,50 $\pm$ 0,014	0,49 $\pm$ 0,007	0,51 $\pm$ 0,021	0,50 $\pm$ 0,021 ^{AX}
	30	0,52 $\pm$ 0,028	0,48 $\pm$ 0,000	0,49 $\pm$ 0,000	0,52 $\pm$ 0,014	0,50 $\pm$ 0,022 ^{AX}
	$\bar{x}$ ($n_3=10$)	0,51 $\pm$ 0,023 ^a	0,48 $\pm$ 0,016 ^b	0,49 $\pm$ 0,013 ^b	0,51 $\pm$ 0,016 ^a	0,50 $\pm$ 0,021 ^y (n_4)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $p=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Tablo 3.1’den izleneceği üzere en yüksek asitlik değeri 75 W ultrason (US) güç uygulamasından elde edilmiştir ($P<0,05$). Dikkate alınan US güçlerinde (75, 100 ve 125 W) en düşük asitlik değeri kontrol örneklerinden elde edilirken

($P<0,05$), en yüksek asitlik değeri 75 W 10 dk. uygulamadan elde edilmiştir. Her bir güç seviyesinin 10 dk. uygulama süresi kendi arasında karşılaştırıldığında en düşük asitlik değeri 125 W uygulamasından elde edilmiştir ($P<0,05$). US 75 W ve 100 W uygulamalarında depolama süresi boyunca ortalama değerler birbirine yakın çıkarken ($P>0,05$), 125 W uygulamada 7. ve 14. günde asitlik değerleri düşük çıkmıştır ($P<0,05$).

Sonuç olarak US uygulaması örneklerin asitlik değerini etkilemiştir. US gücü arttıkça ayran örneklerinin asitlik değerleri hafif azalma göstermiş, ancak US uygulanan örneklerde asitlik değerleri kontrole göre daha yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Kenari ve Razavi (2021) yoğurt örneklerinde yaptıkları bir çalışmada, ultrason süresi ve ultrason uygulama genliği arttıkça asitlik değerinin arttığını bildirmişlerdir. Gursoy vd. (2016) ise farklı güç seviyelerinde ultrason (100 W, 125 W ve 150 W) uygulanan ayran örneklerinin asitlik değerleri ile kontrol örneği asitlik değerleri arasındaki farkı önemsiz ($P>0,05$) bulmuştur. Asitlik değerlerindeki değişimler üzerine ayran üretiminde US uygulaması, uygulandığı aşama, sıcaklığı ve süresi etkili olabilir (Kenari ve Razavi, 2021). Diğer yandan Tamuçay Özünlü ve Koçak (2010)'ın farklı inkübasyon sonu asitlik değerlerinin ayranın kalitesine etkisini araştırdıkları bir çalışmada; pH 4,6'da inkübasyonu sonlandırılan ayran örneklerinde 1. günde % laktik asitlik değerini %0,495 olarak saptamışlardır. Bu değer çalışmamızda üretilen kontrol grubu ayran örneklerinin 1. gün asitlik değerleri (%0,46-0,48) ile benzerlik göstermektedir.

3.1.2 pH Değerinde Meydana Gelen Değişmeler

Ayran üretimi için en uygun US güç ve süresini belirlemek amacıyla üretilen ayran örneklerinde belirlenen pH değerleri Tablo 3.2'de sunulmuştur. Tablodan da görüleceği üzere, ultrason uygulaması 75 W'tan 100 W'a çıkmasıyla pH değerleri yükselmiştir ($P<0,05$), ancak 100 W'tan 125 W'a çıkması pH değerlerini etkilememiştir ($P>0,05$). Ultrason uygulaması sonrası depolamanın birinci günü incelendiğinde, kontrol örneğine kıyasla ultrason uygulanan örneklerde US uygulama süresi arttıkça pH değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ancak US sürelerine ait pH değerleri genel ortalamalarına bakıldığında özellikle 100 W ve 125 W güç uygulamalarında fark önemsiz ($P>0,05$) çıkmıştır.

Farklı güç seviyelerinin aynı süreleri karşılaştırıldığında, 75 W gücünde 5, 10 ve 20 dk. süreyle ultrason uygulanan ayran örneklerinde daha düşük pH değerleri

elde edilmiştir ($P<0,05$). 100 W ve 125 W uygulamalarında aynı süreler bakımından pH değerleri arasında fark bulunmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 3.2. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde pH değerlerinde meydana getirdiği değişimler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x}\pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	4,30 $\pm$ 0,035	4,35 $\pm$ 0,000	4,34 $\pm$ 0,014	4,30 $\pm$ 0,063	4,32 $\pm$ 0,035 ^{AX}
	5	4,22 $\pm$ 0,014	4,29 $\pm$ 0,028	4,24 $\pm$ 0,028	4,28 $\pm$ 0,063	4,25 $\pm$ 0,042 ^{BY}
	10	4,19 $\pm$ 0,035	4,26 $\pm$ 0,091	4,22 $\pm$ 0,077	4,28 $\pm$ 0,098	4,24 $\pm$ 0,070 ^{BY}
	20	4,19 $\pm$ 0,063	4,25 $\pm$ 0,063	4,27 $\pm$ 0,070	4,31 $\pm$ 0,113	4,25 $\pm$ 0,075 ^{BY}
	30	4,30 $\pm$ 0,056	4,36 $\pm$ 0,070	4,36 $\pm$ 0,070	4,40 $\pm$ 0,084	4,35 $\pm$ 0,066 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,24 $\pm$ 0,061 ^b	4,30 $\pm$ 0,064 ^{ab}	4,28 $\pm$ 0,071 ^{ab}	4,31 $\pm$ 0,079 ^a	4,28 $\pm$ 0,072 ^{*(n4)}
100	0	4,46 $\pm$ 0,176	4,31 $\pm$ 0,042	4,38 $\pm$ 0,021	4,33 $\pm$ 0,000	4,37 $\pm$ 0,094 ^{AX}
	5	4,41 $\pm$ 0,056	4,37 $\pm$ 0,098	4,44 $\pm$ 0,049	4,37 $\pm$ 0,021	4,40 $\pm$ 0,057 ^{AX}
	10	4,35 $\pm$ 0,106	4,33 $\pm$ 0,049	4,40 $\pm$ 0,063	4,37 $\pm$ 0,091	4,36 $\pm$ 0,067 ^{AX}
	20	4,38 $\pm$ 0,120	4,37 $\pm$ 0,091	4,44 $\pm$ 0,084	4,41 $\pm$ 0,127	4,40 $\pm$ 0,085 ^{AX}
	30	4,35 $\pm$ 0,063	4,36 $\pm$ 0,028	4,41 $\pm$ 0,035	4,37 $\pm$ 0,070	4,37 $\pm$ 0,047 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,39 $\pm$ 0,94 ^{ab}	4,35 $\pm$ 0,056 ^b	4,41 $\pm$ 0,047 ^a	4,37 $\pm$ 0,063 ^{ab}	4,38 $\pm$ 0,070 ^{*(n4)}
125	0	4,38 $\pm$ 0,106	4,38 $\pm$ 0,077	4,39 $\pm$ 0,007	4,34 $\pm$ 0,077	4,37 $\pm$ 0,061 ^{AX}
	5	4,35 $\pm$ 0,042	4,33 $\pm$ 0,063	4,37 $\pm$ 0,035	4,37 $\pm$ 0,021	4,35 $\pm$ 0,037 ^{AX}
	10	4,37 $\pm$ 0,056	4,43 $\pm$ 0,077	4,40 $\pm$ 0,007	4,40 $\pm$ 0,091	4,40 $\pm$ 0,056 ^{AX}
	20	4,34 $\pm$ 0,049	4,34 $\pm$ 0,148	4,42 $\pm$ 0,077	4,43 $\pm$ 0,000	4,38 $\pm$ 0,079 ^{AX}
	30	4,34 $\pm$ 0,014	4,31 $\pm$ 0,106	4,40 $\pm$ 0,021	4,39 $\pm$ 0,021	4,36 $\pm$ 0,058 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,35 $\pm$ 0,049 ^a	4,36 $\pm$ 0,086 ^a	4,40 $\pm$ 0,034 ^a	4,39 $\pm$ 0,051 ^a	4,37 $\pm$ 0,059 ^{*(n4)}

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $p=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Genel olarak bakıldığında, farklı US gücü ve süreleri dikkate alınarak üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca pH değerlerinde dalgalanma meydana gelmiştir. Bu dalgalanma 75 W uygulamasında depolamanın 1. ve 21. günleri arasında önemli ($P<0,05$), 100 W'da ise 7. ve 14. günlerde önemlidir ($P<0,05$). Gursoy vd. (2016) yaptığı bir çalışmada farklı US gücü uygulayarak ürettiği ayran örneklerinde pH değerlerinde depolamanın 5. gününe kadar düşme ve daha sonra artış tespit edilmiştir. Kenari ve Razavi (2021) farklı güç, sıcaklık ve süre kombinasyonlarında üretilen yoğurt örneklerinin pH değerlerini 4,2 ile 4,5 arasında değişken bulmuşlardır. Çalışmamızda ise tüm örneklerin pH değerleri 4,19-4,46 arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar Kenari ve Razavi (2021)'nin verdiği değerlere benzerlik göstermektedir.

3.1.3 Serum Ayrılmasında Meydana Gelen Değişmeler

Yoğurt ve ayran gibi fermente süt ürünlerinde ürün ambalaja girdikten bir süre sonra ambalajın üst kısmında serum birikmesi, alt kısmında çökme meydana gelmektedir. Bu tip ürünlerde serum ayrılması kusur olarak nitelendirilmektedir. Farklı ultrason gücü ve süreleri kullanılarak üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca serum ayrılması değerlerinde meydana gelen değişmeler ve bu değişmelerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde serum ayrılması (%) değerlerinde meydana getirdiği değişmeler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x} \pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	13,00±9,899	24,00±5,656	24,50±6,363	25,00±7,071	21,62±7,744 ^{AX}
	5	3,00±1,414	21,00±9,899	23,50±6,363	25,00±7,071	18,12±10,80 ^{ABX}
	10	2,00±1,414	18,50±9,192	21,25±6,717	22,25±7,424	16,00±10,173 ^{ABX}
	20	1,25±1,060	13,00±4,242	15,50±3,535	17,25±3,889	11,75±7,161 ^{BX}
	30	1,12±1,237	12,50±4,949	14,50±4,242	16,00±4,242	11,03±6,928 ^{BX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,07±5,852 ^b	17,80±7,130 ^a	19,85±6,014 ^a	21,10±6,086 ^a	15,70±9,176 ^x (n_4)
100	0	4,50±6,363	30,00±8,485	32,00±4,242	32,00±4,242	24,62±13,276 ^{AX}
	5	2,00±0,000	21,00±4,242	23,50±4,949	24,50±3,535	17,75±10,208 ^{ABX}
	10	0,75±0,353	13,75±10,960	18,25±6,717	19,00±5,656	12,93±9,454 ^{BX}
	20	1,12±1,237	9,00±6,363	13,00±4,242	15,25±3,889	9,59±6,616 ^{BX}
	30	2,25±0,353	11,12±0,176	13,50±0,707	14,25±1,060	10,28±5,132 ^{BX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	2,12±2,569 ^b	16,97±9,654 ^a	20,05±8,213 ^a	21,00±7,531 ^a	15,03±10,533 ^{xy} (n_4)
125	0	5,50±0,707	22,50±0,707	23,50±0,707	24,50±0,707	19,00±8,383 ^{AX}
	5	1,50±0,707	18,25±1,060	21,50±0,707	22,00±1,414	15,81±8,999 ^{ABX}
	10	2,00±0,000	15,00±1,414	17,50±0,707	18,50±0,707	13,25±7,106 ^{ABX}
	20	2,25±0,353	11,75±0,353	14,00±0,000	15,00±0,000	10,75±5,398 ^{BX}
	30	1,25±0,353	10,50±0,707	12,00±1,414	12,75±1,060	9,12±4,991 ^{BX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	2,50±1,666 ^b	15,60±4,665 ^a	17,70±4,620 ^a	18,55±4,609 ^a	13,58±7,661 ^y (n_4)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $P=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Tablo 3.3'te görüldüğü üzere, US güç değeri arttıkça ayran örneklerinde serum ayrılması değerleri düşmüştür ($P<0,05$). En düşük serum ayrılması değeri 125 W US uygulanan örneklerden elde edilmiştir ($P<0,05$). Benzer şekilde Ertugay vd. (2012) de ultrason gücü arttıkça ayran örneklerinde serum ayrılmasının azaldığını tespit etmişlerdir. Buradan US teknolojisi kullanımının ayran kusur

olarak değerlendirilen serum ayrılması değerlerini azalttığı, hatta 150 W gibi yüksek güç değerlerinde sıfıra düşürdüğü (Gursoy vd., 2016) söylenebilir. Ultrasonun yaratmış olduğu kavitasyonun etkisiyle, yağ globülleri parçalanır ve boyutları azalır böylece toplam yağ membranı yüzeyi artmış olur. Yeni bağlanmış kazein misellerine sahip artan yüzey alanı sayesinde su tutma kapasitesi artmakta ve hidrofilik özelliklerin artmasıyla da sinerezis (jel yapıdan su ayrılması) azalmaktadır (Akdeniz ve Akalın, 2017).

Ayran örneklerine uygulanan her bir güç seviyesinde US uygulama süresi arttıkça serum ayrılmasında önemli düşüşler meydana gelmiştir ($P<0,05$). Benzer sonuçlar Ertugay vd. (2012) tarafından da ortaya konmuştur. Şengül vd. (2009) yoğurt örneklerinde üç farklı güç seviyesi (%20, %50 ve %70) ve iki farklı uygulama süresi (3 ve 6 dk.) dikkate almışlardır. Araştırmacılar, ultrasonik işleme süresi ve güç seviyesi arttıkça yoğurtların su tutma kapasitelerinin arttığını tespit etmişlerdir. Neticede en yüksek su kapasitesinin (%66,18), %70 güç ve 6 dk. ultrason uygulanan sütlerden yapılan yoğurtlarda tespit etmişlerdir.

Tablo 3.3 incelendiğinde, ayran örneklerine uygulanan farklı güç seviyelerinin, aynı süreleri arasında (örneğin 75 W, 100 W ve 120 W güç seviyelerinin 5 dk. US uygulaması arasında) serum ayrılması değerleri bakımından fark çıkmamıştır ($P>0,05$).

Depolama boyunca tüm örneklerde serum ayrılması değerlerinde artış meydana gelmiştir. Ancak kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, serum ayrılması değerleri US uygulanan örneklerde daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Serum ayrılması değerleri arasındaki fark depolamanın 1. ve 7. günleri arasında önemli ($P<0,05$), 7, 14 ve 21. günler arasında önemsiz ($P>0,05$) bulunmuştur. Gursoy vd. (2016) farklı termosonikasyon gücü uygulayarak üretmiş olduğu ayranlarda depolama boyunca benzer sonuçlar bulmuştur. Buna göre depolama boyunca serum ayrılması kontrol örneğinde daha fazla, US uygulanan örneklerde daha az olmuştur. Yazar Özen (2017) farklı güçlerde US uygulayarak ürettikleri ayran örneklerinde depolamanın ilk gününe kıyasla 5. ve 10. günlerde serum ayrılmasının belirgin şekilde arttığını rapor etmişlerdir.

Tez çalışmamızın bu aşamasında hedeflenen en uygun güç ve süre parametresinin belirlenmesi konusunda Tablo 3.3 tekrar incelendiğinde, genel olarak üç farklı güç seviyesinde de 20 dk. US uygulamasıyla, 30 dk. US uygulaması arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). En düşük serum

ayrılması 100 W 20 ve 30 dk. süre uygulamasında ve 125 W 20 ve 30 dk. süre uygulamasından elde edilmiştir. Bu değerler üzerinde yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; 100 W 20 ve 30 dk. kendi arasında, 125 W 20 ve 30 dk. kendi arasında, ayrıca 100 W ve 125 W uygulamalarının 20 ve 30 dk. arasında fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Sonuç olarak enerji ve zaman tasarrufu bakımından, US gücü ve süresi arttığında örnek tadında istenmeyen tat meydana gelmesinden ve daha az serum ayrılması oluşması dolayısıyla 100 W 20 dk. uygulama en uygun parametreler olarak değerlendirilmiştir.

3.1.4 Viskozite Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Çalışma kapsamında farklı US gücü ve süresi uygulanarak üretilen ayran örneklerinin depolama boyunca viskozite değerlerinde meydana gelen değişmeler Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4 incelendiğinde örneklerin viskozite değerleri 75 W'da genel ortalama 4,62, 100 W'da 4,88 ve 125 W'da 4,97 şeklinde gerçekleşmiştir. Ayran örneklerine uygulanan US gücü arttıkça viskozite değerlerinde artışa neden olmuş, ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Her bir güç seviyesi uygulamasında, US süresi arttıkça viskozite değerleri de artmıştır. Kontrole göre kıyaslandığında (0 dk.), her bir güç seviyesinin özellikle 30 dk. uygulaması önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Yüksek yoğunlukta ultrason işlemi, peynir altı suyu protein denatürasyonunda artışa sebep olur. Peynir altı suyu proteinleri ile kazein fraksiyonları arasındaki agregat oluşumunun da viskozite üzerinde olumlu etki yarattığı bilinmektedir (Akdeniz ve Akalın, 2019).

Gursoy vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada farklı güçlerde (100 W, 125 W ve 150 W) 15 dk. boyunca termosonikasyona tabi tutulan sütlerden üretilen ayranlarda US gücü arttıkça viskozitenin arttığını ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar Ertugay vd. (2012)'nin yaptığı çalışmada da görülmüştür. Ultrason güç seviyesi ve uygulama süresi arttıkça viskozite değerinin arttığı en yüksek görünür viskozite değerinin (292 mPa.s) ise, %80 genlikte (44,54 W) ve 4 dk. ultrason işlemine tabi tutulan ayrandan elde edildiği ifade edilmiştir.

Ayran örneklerine uygulanan US güçlerinin aynı sürelerine ait viskozite değerlerinde meydana gelen değişim önemsiz ($P>0,05$) çıkmıştır. En yüksek viskozite değerleri 100 W 20 ve 30 dk. süre uygulamasından ve 125 W 20 ve 30 dk. süre uygulamasından elde edilmiştir. Buna göre; 100 W 20 ve 30 dk. kendi arasında, 125 W 20 ve 30 dk. kendi arasında, ayrıca 100 W 20 dk ile 125 W 20 dk

ve 100 W 30 dk ile 125 W 30 dk uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır ($P>0,05$). Bu sonuçlar dikkate alındığında, viskozite bakımından enerji tasarrufu da göz önünde bulundurularak 100 W 20 dk. uygulama ayran üretimi için en uygun kombinasyon olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde viskozite (mPa.s) değerlerinde meydana getirdiği değişimler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x}\pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	4,12 $\pm$ 1,873	4,12 $\pm$ 2,283	3,74 $\pm$ 1,626	3,53 $\pm$ 1,216	3,88 $\pm$ 1,382 ^{BXY}
	5	4,12 $\pm$ 1,923	4,28 $\pm$ 1,951	3,53 $\pm$ 1,230	4,39 $\pm$ 2,283	4,08 $\pm$ 1,469 ^{BX}
	10	4,41 $\pm$ 1,343	4,86 $\pm$ 1,746	4,57 $\pm$ 1,753	4,30 $\pm$ 1,477	4,53 $\pm$ 1,223 ^{ABX}
	20	5,00 $\pm$ 1,209	5,33 $\pm$ 1,159	4,99 $\pm$ 1,350	4,89 $\pm$ 1,088	5,05 $\pm$ 0,928 ^{ABX}
	30	5,30 $\pm$ 1,456	5,99 $\pm$ 2,545	5,54 $\pm$ 2,128	5,41 $\pm$ 1,732	5,56 $\pm$ 1,543 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,59 $\pm$ 1,286 ^a	4,91 $\pm$ 1,653 ^a	4,47 $\pm$ 1,464 ^a	4,50 $\pm$ 1,375 ^a	4,62 $\pm$ 1,405 ^x (n_4)
100	0	2,94 $\pm$ 0,869	3,13 $\pm$ 0,459	3,06 $\pm$ 0,438	3,13 $\pm$ 0,777	3,06 $\pm$ 0,508 ^{CY}
	5	4,19 $\pm$ 0,869	4,74 $\pm$ 1,930	5,09 $\pm$ 2,008	4,33 $\pm$ 1,117	4,59 $\pm$ 1,239 ^{BX}
	10	4,77 $\pm$ 0,700	5,29 $\pm$ 2,036	5,41 $\pm$ 1,916	4,53 $\pm$ 0,537	5,00 $\pm$ 1,174 ^{ABX}
	20	5,53 $\pm$ 0,289	5,81 $\pm$ 2,199	6,69 $\pm$ 2,050	5,18 $\pm$ 0,770	5,80 $\pm$ 1,320 ^{AX}
	30	5,89 $\pm$ 0,325	6,18 $\pm$ 1,541	6,38 $\pm$ 1,661	5,36 $\pm$ 0,997	5,95 $\pm$ 1,029 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	4,66 $\pm$ 1,206 ^a	5,03 $\pm$ 1,720 ^a	5,32 $\pm$ 1,862 ^a	4,50 $\pm$ 1,052 ^a	4,88 $\pm$ 1,476 ^y (n_4)
125	0	4,71 $\pm$ 1,230	3,88 $\pm$ 0,141	4,26 $\pm$ 0,346	3,84 $\pm$ 0,183	4,17 $\pm$ 0,618 ^{BX}
	5	4,39 $\pm$ 1,067	4,59 $\pm$ 0,579	4,21 $\pm$ 0,212	4,15 $\pm$ 0,098	4,33 $\pm$ 0,502 ^{BX}
	10	5,00 $\pm$ 0,756	5,45 $\pm$ 1,124	5,46 $\pm$ 0,509	4,90 $\pm$ 0,106	5,20 $\pm$ 0,612 ^{AX}
	20	5,90 $\pm$ 0,961	5,61 $\pm$ 0,558	5,71 $\pm$ 0,134	5,12 $\pm$ 0,374	5,58 $\pm$ 0,541 ^{AX}
	30	5,57 $\pm$ 1,060	6,08 $\pm$ 1,407	5,40 $\pm$ 0,339	5,14 $\pm$ 0,106	5,55 $\pm$ 0,772 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	5,11 $\pm$ 0,961 ^a	5,12 $\pm$ 1,060 ^a	5,01 $\pm$ 0,718 ^a	4,63 $\pm$ 0,585 ^a	4,97 $\pm$ 0,843 ^z (n_4)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler ait genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $p=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Farklı US seviyeleri ve süreleri uygulanarak üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca genel ortalama değerler dikkate alındığında, depolamanın ortalarına kadar viskozite değerlerinde yükselme, sonuna doğru azalma tespit edilmiştir ancak bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Yazar Özen (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, benzer şekilde farklı güç seviyelerinde ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinde depolama süresi boyunca viskozite değerinde azalma saptanmıştır. Bir başka çalışmada kullanılan stirred yoğurt örneklerinden biri, 15 dk. boyunca %25 gücünde termosonikasyon uygulanarak inek sütünden üretilmiştir. Bahsi geçen örneğin depolamanın ilk

gününde en yüksek viskoziteye sahip olduğu, depolamanın 8. ve 18. günlerinde ise ilk güne kıyasla viskozite değerinin azaldığı belirtilmiştir (Ragap vd., 2023).

3.1.5 Renk (L*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Gıdaların rengi tüketiciler açısından önemli bir kalite parametresidir. Gözle yapılan subjektif değerlendirmeler araştırmalarda yanıltıcı olabileceğinden, renk cihazlarıyla yapılan ölçümler daha sağlıklı sonuçlar sunmaktadır (Üren, 1999). CIE (Commission Internationale de l'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Kurumu) tarafından geliştirilen L* a* b* renk sistemi, gıdaların rengini ölçüp değerlendirmede sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sistemde renk üç boyut ile ifade edilir: L*: Renk parlaklığı (0: siyah, 100: beyaz), a*: kırmızılık-yeşillik (-60: yeşil, +60: kırmızı), b*: sarılık-mavilik (-60: mavi, +60: sarı) olarak nitelendirilir (Keskin vd., 2017).

Tablo 3.5. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (L*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x} \pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	78,80 $\pm$ 0,176	78,46 $\pm$ 1,583	78,90 $\pm$ 1,060	78,62 $\pm$ 1,463	78,69 $\pm$ 0,928 ^{CY}
	5	80,96 $\pm$ 0,692	80,68 $\pm$ 1,435	81,30 $\pm$ 1,251	81,35 $\pm$ 1,385	81,07 $\pm$ 0,972 ^{BX}
	10	81,58 $\pm$ 0,502	81,95 $\pm$ 0,834	81,54 $\pm$ 0,827	82,11 $\pm$ 0,912	81,79 $\pm$ 0,647 ^{ABX}
	20	82,15 $\pm$ 0,742	82,31 $\pm$ 0,728	82,12 $\pm$ 0,650	82,37 $\pm$ 1,470	82,24 $\pm$ 0,732 ^{AX}
	30	82,01 $\pm$ 0,304	82,41 $\pm$ 0,664	82,29 $\pm$ 0,700	82,53 $\pm$ 0,989	82,31 $\pm$ 0,572 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	81,10 $\pm$ 1,347 ^a	81,16 $\pm$ 1,773 ^a	81,23 $\pm$ 1,460 ^a	81,39 $\pm$ 1,792 ^a	81,22 $\pm$ 1,546 ^y (n_4)
100	0	79,62 $\pm$ 2,616	80,54 $\pm$ 0,982	80,70 $\pm$ 1,202	80,23 $\pm$ 3,196	80,27 $\pm$ 1,725 ^{CX}
	5	81,02 $\pm$ 1,421	81,41 $\pm$ 0,339	81,75 $\pm$ 0,452	80,85 $\pm$ 1,732	81,26 $\pm$ 0,949 ^{BCX}
	10	82,00 $\pm$ 1,449	82,85 $\pm$ 0,622	82,80 $\pm$ 1,190	82,16 $\pm$ 1,548	82,45 $\pm$ 0,929 ^{ABX}
	20	82,06 $\pm$ 2,566	83,01 $\pm$ 0,502	82,93 $\pm$ 0,692	82,38 $\pm$ 1,407	82,59 $\pm$ 1,226 ^{AX}
	30	81,66 $\pm$ 1,428	82,57 $\pm$ 0,763	82,44 $\pm$ 0,183	81,66 $\pm$ 0,883	82,08 $\pm$ 0,834 ^{ABX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	81,27 $\pm$ 1,757 ^a	82,07 $\pm$ 1,121 ^a	82,12 $\pm$ 0,997 ^a	81,46 $\pm$ 1,664 ^a	81,73 $\pm$ 1,419 ^x (n_4)
125	0	80,00 $\pm$ 0,438	80,39 $\pm$ 0,226	80,20 $\pm$ 0,042	79,74 $\pm$ 1,173	80,08 $\pm$ 0,546 ^{BX}
	5	82,03 $\pm$ 0,565	81,94 $\pm$ 0,601	81,57 $\pm$ 1,081	81,31 $\pm$ 0,643	81,71 $\pm$ 0,646 ^{AX}
	10	82,49 $\pm$ 0,226	82,40 $\pm$ 0,664	80,95 $\pm$ 0,098	81,94 $\pm$ 0,565	81,94 $\pm$ 0,737 ^{AX}
	20	82,61 $\pm$ 0,042	82,55 $\pm$ 0,190	80,77 $\pm$ 0,325	81,92 $\pm$ 0,933	81,96 $\pm$ 0,878 ^{AX}
	30	82,76 $\pm$ 0,113	82,59 $\pm$ 0,247	80,83 $\pm$ 0,707	82,10 $\pm$ 1,067	82,07 $\pm$ 0,948 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	81,97 $\pm$ 1,103 ^a	81,97 $\pm$ 0,929 ^a	80,86 $\pm$ 0,642 ^b	81,40 $\pm$ 1,143 ^{ab}	81,55 $\pm$ 1,047 ^{xy} (n_4)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $p=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Farklı güç ve sürelerde ultrason uygulanan ayranların depolama boyunca parlaklık (L^*) değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.5'te verilmiştir. Farklı güç seviyelerinde (75 W, 100 W ve 125 W) ultrason uygulanan ayran örneklerinin L^* değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 100 W US uygulanan örneklerden elde edilmiştir ($P<0,05$). Ayran örneklerine uygulanan her bir güç seviyesi dikkate alındığında, süre arttıkça L^* değerleri de artmış, bu artış istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bir çalışmada, benzer şekilde ultrason genliği ve uygulama süresi arttıkça yoğurt örneklerinin L^* değerlerinin arttığını rapor edilmiştir. Ultrason uygulaması su moleküllerinin H^+ ve OH^- iyonlarına ayrışmasına neden olmaktadır. Bu iyonlar süt ürünlerindeki serbest radikalleri artırarak Maillard işleminden kaynaklanan kahverengi pigmentleri ayrıştırmakta ve böylece ultrason uygulanan ürünlerdeki renk parametrelerinin artmasını sağlamaktadır (Kenari ve Razavi, 2021).

Ayran örneklerine uygulanan her bir güç seviyesinin aynı süreleri kendi arasında karşılaştırıldığında L^* değerlerindeki değişimler önemsiz ($P>0,05$) bulunmuştur. Kontrol örnekleri arasındaki değişimin ayran üretiminde kullanılan sütlerin farklı zamanlarda alınmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

L^* değerleri 75 W ve 100 W uygulanan örneklerde depolama boyunca artış gösterirken ($P>0,05$), 125 W uygulanan örneklerde depolamanın sonuna doğru hafif bir düşüş göstermiştir. Benzer şekilde, yapılan bir çalışmada üç değişik güç seviyesinde (100 W, 125 W ve 150 W) 15 dk. boyunca termosonikasyona tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca L^* değerindeki değişimin önemsiz olduğu ($P>0,05$) bildirilmiştir (Gursoy vd., 2016).

Beyazlık/parlaklık değerindeki farklılıklar seçilen ham maddeye, ultrason uygulama süresine, ham maddeye ultrason dışında herhangi bir işlem (ısıtma işlemi, basınç gibi) uygulanıp uygulanmamasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Ayranın parlak beyaz rengin tüketici açısından albenisi ve önemli bir kalite parametresi olduğu göz önüne alındığında ayran üretiminde L^* değeri bakımından da en ideal kombinasyonun 100 W 20 dk. olduğu belirlenmiştir.

3.1.6 Renk (a^*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler

Farklı güç ve sürelerde ultrason uygulanan ayranların depolama boyunca yeşillik ($-a^*$) değerlerinde meydana gelen değişimlere Tablo 3.6'da yer verilmiştir.

Tablo 3.6. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (a*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler

US gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x} \pm SD$) ($n_1=2$)				Genel ortalama ($n_2=8$)
		1	7	14	21	
75	0*	-2,26 $\pm$ 0,049	-2,30 $\pm$ 0,240	-2,23 $\pm$ 0,120	-2,09 $\pm$ 0,240	-2,22 $\pm$ 0,161 ^{AX}
	5	-2,23 $\pm$ 0,035	-2,28 $\pm$ 0,311	-2,30 $\pm$ 0,183	-2,26 $\pm$ 0,141	-2,26 $\pm$ 0,149 ^{AX}
	10	-2,21 $\pm$ 0,056	-2,28 $\pm$ 0,155	-2,18 $\pm$ 0,113	-2,18 $\pm$ 0,176	-2,21 $\pm$ 0,109 ^{AX}
	20	-2,20 $\pm$ 0,028	-2,25 $\pm$ 0,077	-2,20 $\pm$ 0,014	-2,15 $\pm$ 0,120	-2,20 $\pm$ 0,067 ^{AX}
	30	-2,17 $\pm$ 0,035	-2,26 $\pm$ 0,113	-2,22 $\pm$ 0,042	-2,13 $\pm$ 0,169	-2,19 $\pm$ 0,095 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	-2,21 $\pm$ 0,045 ^a	-2,27 $\pm$ 0,149 ^a	-2,22 $\pm$ 0,094 ^a	-2,16 $\pm$ 0,143 ^a	-2,22 $\pm$ 0,118 ^x (n_4)
100	0	-2,28 $\pm$ 0,000	-2,36 $\pm$ 0,077	-2,44 $\pm$ 0,091	-2,28 $\pm$ 0,098	-2,34 $\pm$ 0,094 ^{CXY}
	5	-2,34 $\pm$ 0,084	-2,30 $\pm$ 0,021	-2,41 $\pm$ 0,014	-2,21 $\pm$ 0,063	-2,31 $\pm$ 0,085 ^{CX}
	10	-2,25 $\pm$ 0,063	-2,25 $\pm$ 0,007	-2,29 $\pm$ 0,014	-2,16 $\pm$ 0,007	-2,24 $\pm$ 0,055 ^{BX}
	20	-2,16 $\pm$ 0,070	-2,18 $\pm$ 0,042	-2,23 $\pm$ 0,056	-2,11 $\pm$ 0,021	-2,17 $\pm$ 0,058 ^{ABX}
	30	-2,13 $\pm$ 0,049	-2,16 $\pm$ 0,028	-2,15 $\pm$ 0,091	-2,09 $\pm$ 0,070	-2,13 $\pm$ 0,057 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	-2,23 $\pm$ 0,92 ^{ab}	-2,25 $\pm$ 0,086 ^a	-2,30 $\pm$ 0,124 ^b	-2,17 $\pm$ 0,085 ^a	-2,24 $\pm$ 0,106 ^x (n_4)
125	0	-2,31 $\pm$ 0,063	-2,46 $\pm$ 0,042	-2,39 $\pm$ 0,007	-2,32 $\pm$ 0,049	-2,37 $\pm$ 0,071 ^{CY}
	5	-2,30 $\pm$ 0,056	-2,39 $\pm$ 0,155	-2,36 $\pm$ 0,084	-2,28 $\pm$ 0,183	-2,33 $\pm$ 0,109 ^{CX}
	10	-2,30 $\pm$ 0,049	-2,31 $\pm$ 0,148	-2,19 $\pm$ 0,247	-2,23 $\pm$ 0,183	-2,26 $\pm$ 0,141 ^{BCX}
	20	-2,23 $\pm$ 0,028	-2,26 $\pm$ 0,141	-2,20 $\pm$ 0,120	-2,15 $\pm$ 0,127	-2,21 $\pm$ 0,095 ^{ABX}
	30	-2,13 $\pm$ 0,014	-2,19 $\pm$ 0,091	-2,11 $\pm$ 0,197	-2,10 $\pm$ 0,091	-2,13 $\pm$ 0,097 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	-2,25 $\pm$ 0,081 ^a	-2,32 $\pm$ 0,134 ^a	-2,25 $\pm$ 0,162 ^a	-2,21 $\pm$ 0,133 ^a	-2,26 $\pm$ 0,132 ^x (n_4)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar ($n_3=10$) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar ($n_4=40$) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar ($n_2=8$) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları ($n_2 \times 3$) arasındaki farkı göstermektedir. n_1 : Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler $p=0,95$ güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

Üretilen ayran örneklerinin a* değerleri negatif (-), yani yeşil tarafta yer almıştır (Tablo 3.6). Tablo 3.6'dan görüleceği üzere, ayran örneklerine uygulanan US güç seviyesi arttıkça, yeşillik değerleri de artmıştır (-a* değerleri düşmüştür). Ancak güç seviyesine bağlı olarak yeşillik değerlerinde artış önemsizdir ($P>0,05$). En düşük -a* değeri ise 125 W uygulanan örneklerden elde edilmiştir.

Her bir güç uygulaması için ultrason uygulama süresinin artması -a* değerlerini arttırmıştır. Artış 75 W süreleri hariç, diğer güç (100 W ve 125 W) süreleri artışında önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Bir başka ifadeyle, her güç uygulamasında süre arttıkça yeşillikte azalma meydana gelmiştir.

Yeşillik değeri bakımından (-a*), uygulanan farklı US güçlerinin aynı süreleri arasında -a* değeri açısından önemli bir fark bulunmamaktadır ($P>0,05$).

Ayran örneklerinin -a* değerlerinde her üç güç seviyesinde depolamanın ortalarına doğru hafif bir azalma ($P>0,05$), depolamanın sonuna doğru ise artma

($P>0,05$) meydana gelmiştir. Ancak 14. gündeki (en düşük değer) değişim 100 W uygulamasında önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Gursoy vd. (2016), termosonikasyonla ürettikleri ayran örneklerinde kontrol örneğine kıyasla -a* değerlerinin önemli bir değişim göstermediğini, depolama süresince de istatistiksel açıdan -a* değerlerinde önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. En yüksek -a* değeri (-2,61) 100 W gücünde termosonikasyon işlemi gören örneklerde tespit edilmiştir. Bu değer, 100 W gücünde elde ettiğimiz ortalama değerden daha düşüktür. Diğer bir çalışmada farklı aşamalarda US uygulanan yoğurt örneklerinin -a* değerinde depolama boyunca önemli bir değişim tespit edilmemiştir ($P>0,05$) (Ektik ve Tavşanlı, 2021).

3.1.7 Renk (b*) Değerinde Meydana Gelen Değişmeler

Farklı güç ve sürelerde ultrason uygulayarak üretilen ayranların depolama boyunca sarılık (b*) değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.7’de bir araya getirilmiştir.

Tablo 3.7 incelendiğinde, örneklerin US gücü arttıkça ayran örneklerinin b* değerlerinde artış meydana gelmiştir. Artış 75 W ile 125 W US güçleri arasında önemli ($P<0,05$) bulunmuştur.

Her bir güç seviyesinde dikkate alınan US uygulama sürelerinin ayran örneklerinde b* (sarılık) değerlerini etkilemediği ($P>0,05$) tespit edilmiştir. Gursoy vd. (2016) farklı güç seviyelerinde termosonikasyon uygulanan örneklerde; termosonikasyon uygulanmış örnekler ile kontrol örnekleri arasında b* değeri açısından önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar en düşük b* değerini (7,84) 100 W gücünde termosonikasyon uygulanan ayranlardan elde etmiştir. Bu değer bizim çalışmamızdaki 100 W genel ortalama b* değerinden (3,63) iki katından fazladır. Farklılığın ham madde süte, ultrason dışında ısı işlem uygulanmış olmasına ve ultrason uygulama süresine bağlı olarak değişebileceği düşünülmektedir.

Farklı güçlerde aynı süre US uygulanan ayran örneklerine ait b* değerleri ise birbirinden farksız ($P>0,05$) çıkmıştır.

Genel olarak depolama süresi boyunca örneklerin b* değerleri giderek azalmıştır. Bazı ayran örneklerinin farklı depolama günleri (75 W-21. gün, 100 W-1. gün, 125 W-14. gün) dışında depolama boyunca b* değerindeki değişimler önemsizdir ($P>0,05$). Benzer şekilde, Ektik ve Tavşanlı (2021) yoğurt üretiminde

farklı aşamalarda ultrason uygulayarak ürettikleri örneklerde depolama boyunca (1, 7 ve 15. gün) b* değerlerinde önemli bir değişme olmadığını tespit etmişlerdir.

Tablo 3.7. Farklı ultrason güç ve süre uygulamasının depolama boyunca ayran örneklerinde renk (b*) değerlerinde meydana getirdiği değişimler

Ultrason gücü (W)	Süre (dk.)	Depolama süresi (Gün) ($\bar{x} \pm SD$) (n ₁ =2)				Genel ortalama (n ₂ =8)
		1	7	14	21	
75	0*	3,50±0,367	3,37±0,395	3,46±0,120	2,78±0,289	3,28±0,389 ^{BY}
	5	3,90±0,395	3,53±0,473	3,84±0,162	3,67±0,007	3,73±0,286 ^{AX}
	10	3,74±0,233	3,72±0,007	3,42±0,325	3,31±0,120	3,55±0,255 ^{ABX}
	20	3,77±0,091	3,78±0,113	3,73±0,205	3,40±0,388	3,67±0,241 ^{AX}
	30	3,41±0,233	3,52±0,014	3,72±0,311	3,18±0,311	3,45±0,280 ^{ABX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	3,66±0,286^a	3,58±0,261^a	3,63±0,249^a	3,27±0,365^b	3,54±0,324^y (n₄)
100	0	3,55±0,240	3,42±0,480	3,64±0,120	3,16±0,155	3,44±0,291 ^{AY}
	5	4,19±0,205	3,51±0,219	3,89±0,360	3,24±0,466	3,71±0,462 ^{AX}
	10	4,17±0,254	3,82±0,190	3,59±0,049	3,39±0,063	3,74±0,332 ^{AX}
	20	4,10±0,445	3,69±0,162	3,55±0,466	3,52±0,431	3,71±0,389 ^{AX}
	30	3,93±0,233	3,57±0,459	3,33±0,261	3,42±0,162	3,56±0,333 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	3,99±0,331^a	3,60±0,289^b	3,60±0,289^b	3,34±0,264^b	3,63±0,366^{xy} (n₄)
125	0	3,65±0,162	4,15±0,296	3,85±0,593	3,67±0,282	3,83±0,351 ^{AX}
	5	3,89±0,056	3,98±0,254	3,81±0,282	3,63±0,304	3,82±0,229 ^{AX}
	10	4,16±0,275	3,92±0,226	3,17±1,096	3,76±0,219	3,75±0,590 ^{AX}
	20	4,05±0,141	3,95±0,155	3,25±0,537	3,53±0,000	3,69±0,408 ^{AX}
	30	3,97±0,183	3,80±0,120	3,26±0,975	3,49±0,148	3,63±0,481 ^{AX}
	$\bar{x}(n_3=10)$	3,94±0,224^a	3,96±0,202^a	3,46±0,645^b	3,61±0,193^{ab}	3,74±0,414^x (n₄)

a, b, c: Depolama boyunca ayran örnekleri genel ortalamalar (n₃=10) arasındaki farkı; x, y, z: Üç farklı güç uygulamasına ait genel ortalamalar (n₄=40) arasındaki farkı; A, B, C: Her bir US gücü içindeki süreler için genel ortalamalar (n₂=8) arasındaki farkı; X, Y, Z: Farklı US güçlerine ait aynı süre ortalamaları (n₂×3) arasındaki farkı göstermektedir. n₁: Her bir hücredeki örnek sayısı. Not: Tüm istatistiksel analizler p=0,95 güven aralığında yapılmıştır. *: Ultrason uygulaması yok (kontrol).

İlk aşamanın genel sonucu olarak ayran üretiminde kullanılacak olan en ideal güç ve süre parametresinin belirlenmesi için yapılan analizlerde; asitlik (%) yönünden ayran örnekleri değerlendirildiğinde, US gücü arttıkça asitliğin azaldığı, ancak US uygulama süresinin asitlik (%) değerlerini etkilemediği sonucuna varılmıştır. Ayran örneklerinde US gücü arttıkça pH değerlerinin de yükseldiği, her bir güç için US uygulama süresinin artması pH değerlerini etkilemediği saptanmıştır. Serum ayrılması açısından örnekler değerlendirildiğinde US gücü ve uygulama süresi arttıkça serum ayrılmasının azaldığı, viskozite değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Ayran örneklerinin L* (parlaklık) değerlerini US uygulaması olumlu yönde etkilediği, US gücü ve uygulama zamanı arttıkça L* değerinde artış meydana geldiği saptanmıştır. Yeşillik (-a*) değerlerine US gücü

artışı önemli bir etkide bulunmazken, uygulama süresinin artışı yeşillik değerlerini azalttığı dikkati çekmiştir. Sarılık (b^*) değeri bakımından ayran örnekleri değerlendirildiğinde US gücü artmasıyla b^* değerleri artmış, US uygulama süresinin artması ise genel olarak örneklerin b^* değerini etkilemediği saptanmıştır. Tüm analiz sonuçları topluca değerlendirildiğinde; özellikle serum ayrılması, viskozite ve renk değerleri bakımından, ikinci aşamada dikkate alınacak en uygun ultrason güç ve süresinin 100 W-20 dk. olmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır

3.2 Farklı Yöntemlerle Üretilen ve Farklı Aşamalarda US Uygulanan Ayran Örneklerinde Meydana Gelen Değişmeler

Çalışma kapsamında üretilen ayran örneklerinde iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde yoğurt sulandırılarak (G), ikinci yöntemde süte su katılarak (S) ayrana işlenmiştir. Ayran örneklerine ultrason uygulaması (US) pastörizasyondan önce, pastörizasyondan sonra ve tek başına (pastörizasyon yok) yapılmıştır. “1” numara ile kodlanan örnekler (G1 ve S1) pastörizasyondan önce ultrason uygulamasını, “2” numara ile kodlanan örnekler (G2 ve S2) pastörizasyondan sonra ultrason uygulamasını, “3” numara ile kodlanan örnekler (G3 ve S3) ise pastörize edilmeksizin sadece ultrason uygulanan ayran örneklerini temsil etmektedir. Aynı numarayı taşıyan “K” kodlu örnekler her örneğin kendi kontrol örneğini ifade etmektedir. Üretilen ayran örnekleri +4 °C’de 21 gün depolanmış ve depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde hedeflenen analiz çalışmaları yapılmıştır.

3.2.1 Ayran Örneklerinin Kuru Madde Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Ayranın tekstür niteliği, içeriğinde kuru madde ve tuz oranına bağlıdır. Kuru madde miktarı arttıkça ve tuz miktarı azaldıkça kıvam katsayısı daha yüksek olmakta ve serum ayrılması daha az gözlenmektedir (Ozdemir ve Kilic, 2004).

İki farklı yöntemle üretilen (G: geleneksel üretim, S: süte su katarak ayran üretimi) ve üretimin farklı aşamalarında 100 W-20 dk. US uygulanan ayran örneklerine ait kuru madde değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişimler Tablo 3.8’ de sunulmuştur.

Tablo 3.8 incelendiğinde geleneksel yöntemle pastörizasyondan önce ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinin (G1) kuru madde değeri kontrole göre farklı bulunmuştur ($P<0,05$). Geriye kalan ayran örneklerinin kuru madde

değeri kendi kontrolleri ile kıyaslandığında önemli bir değişim göstermemiştir ($P>0,05$). Duman (2019) yaptığı bir çalışmada, kontrol örneği ile kıyaslandığında, 150 W gücünde 5 dk. ultrason uygulamasının ayran örneklerinin % KM içeriği üzerine etkisi olmadığını ifade etmiştir ($P>0,05$). Yapılan başka bir çalışmada ise, yoğurt benzeri probiyotik fermente bir süt ürününe ultrason (400 W-15 dk. + 100 W-5 dk.) uygulanmıştır. Sonuçta hem ultrason uygulamasının hem de kullanılan kültürün örneklerde kuru madde miktarlarını önemli derecede etkilemediği görülmüştür (Akdeniz, 2023).

Tablo 3.8. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca kuru madde değerlerinde (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	8,00±0,537 ^a	7,79±0,403 ^a	7,66±0,332 ^a	7,64±0,106 ^a	7,77±0,326 ^x
G1	8,46±0,523 ^a	8,34±0,332 ^a	8,22±0,325 ^a	8,12±0,000 ^a	8,28±0,297 ^{yCX}
GK2	9,20±0,014 ^a	9,03±0,021 ^a	8,96±0,346 ^a	8,76±0,219 ^a	8,98±0,231 ^x
G2	9,13±0,099 ^a	9,02±0,127 ^a	8,86±0,339 ^a	8,97±0,042 ^a	9,00±0,177 ^{xAX}
GK3	9,13±0,042 ^a	8,91±0,226 ^{ab}	8,69±0,177 ^b	8,83±0,085 ^{ab}	8,89±0,207 ^x
G3	8,69±0,382 ^a	8,67±0,424 ^a	8,55±0,552 ^a	8,61±0,368 ^a	8,63±0,336 ^{xBX}
SK1	8,74±0,226 ^a	8,57±0,382 ^a	8,46±0,064 ^a	8,56±0,163 ^a	8,58±0,211 ^x
S1	8,72±0,417 ^a	8,74±0,417 ^a	8,71±0,184 ^a	8,80±0,170 ^a	8,74±0,245 ^{xAY}
SK2	8,74±0,495 ^a	8,58±0,792 ^a	8,37±0,516 ^a	8,61±0,622 ^a	8,57±0,489 ^x
S2	8,59±0,693 ^a	8,60±0,750 ^a	8,40±0,679 ^a	8,39±0,693 ^a	8,50±0,543 ^{xAY}
SK3	8,11±0,488 ^a	8,00±0,318 ^a	7,87±0,424 ^a	7,92±0,417 ^a	7,97±0,329 ^x
S3	7,89±0,361 ^a	7,91±0,318 ^a	7,84±0,389 ^a	7,83±0,389 ^a	7,86±0,278 ^{xBY}

a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: Yöntemlere ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir. G: Geleneksel yöntemle (yoğurdu sulandırarak) ayran üretimi, S: Sütü sulandırarak ayran üretimi. “1” kodlu örnekler (G1 ve S1): Pastörizasyondan önce US uygulamasını, “2” kodlu örnekler (G2 ve S2): Pastörizasyondan sonra US uygulamasını ve “3” kodlu örnekler (G3 ve S3) pastörize etmeden sadece US uygulanan ayran örneklerini temsil etmektedir.

Geleneksel yöntemle üretilen ayranlarda farklı aşamalarda ultrason uygulanması ayran örneklerinin kuru madde değerini etkilemiştir ($P<0,05$). En yüksek kuru madde değeri (%9,00) pastörizasyondan sonra ultrason uygulanan ayran örneğinden (G2) elde edilmiştir. Süte su katarak üretilen ayran örneklerinde ise kuru madde değeri sadece ultrason uygulamasıyla elde edilen ayran örneklerinde (S3) farklı çıkmıştır ($P<0,05$).

Farklı yöntemlerin aynı aşamalarında US uygulamasının etkisi, diğer bir ifadeyle G1-S1, G2-S2, G3-S3 örneklerinin kuru madde ortalamaları arasındaki fark önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Farkın bu örneklerin yapımında kullanılan sütlerin farklı zamanlarda alınmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üretilen ayran örneklerinin depolama boyunca % kuru madde değerlerinde, GK3 örneğinin 14. günü hariç, önemli bir değişme olmamıştır ($P>0,05$).

3.2.2 Ayran Örneklerinin Protein (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Çalışmada üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca protein (%) değerlerinde meydana gelen değişmeler Tablo 3.9' da sunulmuştur.

Protein içeriği, ayranın besleyicilik ve reolojik özelliklerini etkileyen bir parametredir. Tablo 3.9'a göre, üretilen her bir ayran örneği kendi kontrol örneği ile kıyaslandığında G3 ve S2 örnekleri dışında diğer örnekler % protein değeri açısından kontrol örnekleri ile benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Protein değerleri ham madde sütteki kuru madde oranlarındaki değişmelere bağlı olarak farklılaşabilmektedir. Duman (2019) yaptığı bir çalışmada, ultrasonikasyon uygulamasının ayran örneklerinin % protein değerlerine önemli bir etkisinin olmadığını beyan etmiştir. Başka bir çalışmada keçi sütünden elde edilen yoğurtlara 300 W gücünde 3, 6 ve 9 dk. boyunca ultrason uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ultrason işlemi gören örnekler ile kontrol örneği arasında % protein yönünden fark olmadığı rapor edilmiştir (Delgado vd., 2020).

Geleneksel yolla üretilen ayran örnekleri arasında pastörizasyondan önce ultrason uygulanan örneğin (G1) % protein ortalaması ile diğer (G2 ve G3) ortalamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Sütü sulandırma yöntemiyle üretilen ayran örnekleri arasında ise pastörizasyondan sonra ultrason uygulanan örneğin (S2) % protein değerleri diğerlerine göre farklı bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 3.9. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca protein değerlerinde (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	1,84±0,078 ^a	1,81±0,085 ^a	1,85±0,156 ^a	1,75±0,014 ^a	1,81±0,840 ^x
G1	1,91±0,106 ^a	1,88±0,085 ^a	1,91±0,120 ^a	1,86±0,099 ^a	1,89±0,081 ^{xBX}
GK2	2,09±0,064 ^a	2,09±0,014 ^a	2,12±0,071 ^a	2,11±0,064 ^a	2,10±0,046 ^x
G2	2,09±0,042 ^a	2,08±0,071 ^a	2,10±0,014 ^a	2,10±0,035 ^a	2,09±0,035 ^{xAX}
GK3	2,13±0,106 ^a	2,14±0,078 ^a	2,14±0,078 ^a	2,14±0,085 ^a	2,13±0,066 ^x
G3	2,08±0,021 ^a	2,07±0,000 ^a	2,05±0,042 ^a	2,06±0,049 ^a	2,06±0,028 ^{yAX}
SK1	2,07±0,049 ^a	1,98±0,049 ^a	1,97±0,071 ^a	2,00±0,085 ^a	2,00±0,064 ^x
S1	2,08±0,021 ^a	2,00±0,035 ^b	2,01±0,014 ^b	2,02±0,007 ^{ab}	2,02±0,037 ^{xAY}
SK2	1,99±0,028 ^a	1,97±0,064 ^a	1,98±0,042 ^a	1,96±0,028 ^a	1,97±0,035 ^x
S2	1,95±0,014 ^a	1,87±0,057 ^a	1,90±0,092 ^a	1,88±0,092 ^a	1,90±0,064 ^{yBY}
SK3	2,18±0,148 ^a	2,16±0,212 ^a	2,16±0,184 ^a	2,17±0,191 ^a	2,17±0,140 ^x
S3	2,14±0,177 ^a	2,13±0,163 ^a	2,08±0,212 ^a	2,12±0,163 ^a	2,11±0,138 ^{xAX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: Yöntemlere ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Yoğurda su ve süte su katarak üretilen ayranlar örneklerinden G1 ile S1 arasında ve G2 ile S2 arasında protein ortalamaları farklı ($P<0,05$) bulunmuştur. Bir başka ifadeyle kullanılan yöntemler protein değerlerini etkilemiştir denebilir, ancak bunun yöntem kaynaklı değil ham madde sütün farklı olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Depolama boyunca ayran örneklerinin % protein içeriğinde genel olarak önemli bir değişme meydana gelmemiştir ($P>0,05$).

3.2.3 Ayran Örneklerinin Yağ (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Süt ürünlerinde yağ ürünün tadına, yapısına, görünüşüne ve fiyatına etki eden önemli bir kalite parametresidir. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayran % yağ miktarına göre tam yağlı (süt yağı $\geq$ %1,8), yarım yağlı (%1,2 > süt yağı $\geq$

%0,8) ve yağsız (süt yağı $\leq$ %0,5) olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır (Anonim, 2022b). Zayıf tat ve aroma, pıhtılı yapı, düşük viskozite, sedimantasyon (tortulaşma) ve serum ayrılması gibi bazı kalite kusurlarına neden olmasından dolayı Türkiye’de yağsız ayran pek rastlanmaz (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2008). Üretilen ayran örneklerinin yağ (%) değerlerinde depolama süresin boyunca meydana gelen değişmelere Tablo 3.10’da yer verilmiştir. Genel ortalamalara bakıldığında üretilen tüm ayran örnekleri “tam yağlı ayran” kategorisindedir.

Tablo 3.10. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca yağ değerlerinde (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	2,13±0,389 ^a	1,91±0,198 ^a	1,95±0,212 ^a	2,07±0,021 ^a	2,01±0,205 ^x
G1	2,60±0,354 ^a	2,38±0,035 ^a	2,58±0,177 ^a	2,50±0,141 ^a	2,51±0,185 ^{yAX}
GK2	2,48±0,177 ^a	2,50±0,212 ^a	2,54±0,156 ^a	2,59±0,085 ^a	2,53±0,132 ^x
G2	2,50±0,141 ^a	2,54±0,127 ^a	2,50±0,141 ^a	2,50±0,071 ^a	2,51±0,095 ^{xAX}
GK3	2,59±0,141 ^a	2,45±0,212 ^a	2,44±0,127 ^a	2,48±0,177 ^a	2,49±0,132 ^x
G3	2,64±0,226 ^a	2,72±0,191 ^a	2,68±0,247 ^a	2,65±0,212 ^a	2,67±0,169 ^{yAX}
SK1	2,48±0,177 ^a	2,34±0,085 ^a	2,28±0,106 ^a	2,35±0,141 ^a	2,36±0,126 ^x
S1	2,48±0,035 ^a	2,43±0,106 ^a	2,43±0,106 ^a	2,55±0,071 ^a	2,47±0,084 ^{xAX}
SK2	2,65±0,495 ^a	2,58±0,672 ^a	2,63±0,672 ^a	2,63±0,813 ^a	2,62±0,509 ^x
S2	2,58±0,530 ^a	2,62±0,728 ^a	2,65±0,778 ^a	2,58±0,742 ^a	2,60±0,531 ^{xAX}
SK3	2,18±0,177 ^a	2,10±0,212 ^a	2,05±0,141 ^a	2,02±0,120 ^a	2,09±0,141 ^x
S3	2,37±0,092 ^a	2,25±0,071 ^a	2,25±0,0141 ^a	2,25±0,0141 ^a	2,28±0,079 ^{yAY}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Tablo 3.10 incelendiğinde, geleneksel yolla pastörizasyondan önce ultrason uygulanarak üretilen ayran örneğinin (G1) ve tek başına ultrason uygulamasıyla üretilen ayran örneklerin (G3 ve S3 kodlu örnekler) % yağ değerleri kontrol örneklerinden farklı bulunmuştur. Bahsi geçen örneklerin genel ortalama % yağ oranı kontrol örneklerine göre yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Yapılan bir çalışmada

farklı oranlarda termosonikasyon uygulanmış sütlerle, çiğ sütün ve ısıt işlem gören sütün % yağ miktarı kıyaslanmıştır. Sonuçta termosonikasyon uygulanan sütlerde % yağ değerinin daha yüksek çıktığı rapor edilmiştir. Yağ (%) değerindeki bu artışın, ultrasonun kavitasyon etkisiyle yağ küreciklerini parçalaması ve içeriğindeki trigliseritlerin ortama salınması ile açıklanabilir. Yağ kürecik lipidlerinin %95'i trigliseritlerden oluşur. Ultrason etkisiyle yağ küreciklerinden trigliseritler ortama salınır böylece ultrason uygulanan örneklerde daha fazla yağ miktarı açığa çıkmış olur (Bermúdez-Aguirre vd., 2009).

Aynı kod ve aynı numarayı taşıyan örneklerin (örneğin GK1 ile G1) üretiminde ham madde olarak aynı çiğ süt kullanılmıştır. Dolayısıyla G2, S1 ve S2 örneklerinin % yağ miktarının kendi kontrolleriyle benzer olması üretimin aynı süttten yapılması ile açıklanabilir. Yapılan bir çalışmada farklı sürelerde ultrason uygulamasıyla keçi sütünden elde edilen yoğurt örnekleri ultrason uygulanmayan örneklerle kıyaslandığında, % yağ oranı açısından belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$) (Delgado vd., 2020). Benzer şekilde farklı güç seviyelerinde termosonikasyon işlemi gören yoğurt örnekleri ile kontrol örneği kıyaslandığında % yağ değeri bakımından aralarında belirgin bir fark bulunmamıştır (Gursoy vd., 2016).

Hem geleneksel yöntemle üretilen ayranlarda hem de süte su katarak üretilen ayranlarda, süte farklı aşamalarda ultrason uygulaması örneklerin % yağ değerini etkilememiştir ($P>0,05$). Sadece ultrason uygulanan G3 ve S3 örneklerinde üretim tekniklerinin farklı olması ayranların % yağ değerini etkilemiştir ($P<0,05$).

Depolama süresi boyunca tüm örneklerin % yağ değerlerinde meydana gelen değişim önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

3.2.4 Ayran Örneklerinin Asitlik (%) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Ayran örneklerinin asitlik (%) değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişmeler Tablo 3.11' de verilmiştir.

Tablo 3.11'den anlaşılacağı üzere farklı yöntem ve farklı aşamalarda US uygulanak üretilen ayran örnekleri kendi kontrol örnekleriyle kıyaslandığında, G1 ve S1 örneklerinin % asitlik değeri kontrol örneklerinden daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Elde edilen sonuçtan hareketle pastörizasyondan önce ultrason uygulamasının ayran örneklerinin asitlik değerini arttırdığı sonucuna varılabilir. Diğer ayran örnekleri kendi kontrolleri ile karşılaştırıldığında % asitlik değeri

bakımından farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Yapılan bir çalışmada termosonikasyonla üretilen ayran örnekleri ile kontrol örneği arasında titre edilebilir asitlik (%) açısından önemli bir fark olmadığı rapor edilmiştir (Erkaya vd., 2015). Ultrason uygulamasından sonra nitrit, hidrojen peroksit ve nitrat oluşumundan dolayı asitliğin artabileceği, bu artışın ultrason frekans ve yoğunluğuna bağlı olduğu bilinmektedir (Bermúdez-Aguirre vd., 2009).

Tablo 3.11. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca asitlik değerlerinde (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	0,41±0,007 ^b	0,43±0,000 ^a	0,44±0,007 ^a	0,44±0,014 ^a	0,43±0,016 ^x
G1	0,44±0,000 ^c	0,46±0,007 ^{bc}	0,47±0,007 ^{ab}	0,48±0,007 ^a	0,46±0,015 ^{yBX}
GK2	0,51±0,014 ^a	0,52±0,014 ^a	0,53±0,021 ^a	0,53±0,014 ^a	0,52±0,015 ^x
G2	0,50±0,021 ^a	0,51±0,014 ^a	0,53±0,021 ^a	0,52±0,007 ^a	0,51±0,017 ^{xAX}
GK3	0,51±0,007 ^a	0,53±0,007 ^a	0,53±0,007 ^a	0,53±0,014 ^a	0,52±0,012 ^x
G3	0,52±0,021 ^a	0,52±0,014 ^a	0,53±0,021 ^a	0,53±0,028 ^a	0,52±0,018 ^{xAX}
SK1	0,51±0,014 ^b	0,53±0,007 ^{ab}	0,54±0,007 ^a	0,54±0,000 ^a	0,53±0,014 ^x
S1	0,54±0,007 ^b	0,55±0,007 ^{ab}	0,57±0,007 ^a	0,56±0,014 ^{ab}	0,55±0,015 ^{yAY}
SK2	0,47±0,000 ^b	0,48±0,007 ^b	0,48±0,007 ^b	0,50±0,014 ^a	0,48±0,014 ^x
S2	0,47±0,007 ^b	0,47±0,007 ^b	0,48±0,000 ^a	0,48±0,000 ^a	0,47±0,009 ^{xCY}
SK3	0,50±0,042 ^a	0,52±0,064 ^a	0,52±0,071 ^a	0,53±0,064 ^a	0,52±0,047 ^x
S3	0,52±0,049 ^a	0,52±0,042 ^a	0,52±0,035 ^a	0,51±0,028 ^a	0,52±0,030 ^{xBX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinden sadece G1 örneğinin % asitlik değeri diğer örneklerden (G2 ve G3) daha düşük çıkmıştır ($P<0,05$). Sütü sulandırarak üretilen ayran örnekleri kendi içinde kıyaslandığında her bir örneğin % asitlik değerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuca göre özellikle sütün sulandırılması yöntemi, ayran örneklerin % asitlik değerlerini etkilemiş, en yüksek asitlik değeri S1 kodlu örnekte tespit edilmiştir.

Farklı üretim yöntemleri ile üretilmiş ve aynı aşamada ultrason uygulanan ayran örnekleri birbiriyle kıyaslandığında S1-G1 ile S2-G2 örneklerinin % asitlik değerleri farklı bulunmuştur ($P<0,05$).

Depolama boyunca G2, G3 ve S3 kodlu ayran örneklerinin % asitlik değerlerinde bir dalgalanma görülmemiştir ($P>0,05$). Genel olarak bakıldığında ayran örneklerinin asitlik değerinde depolama boyunca artış meydana gelmiştir. Bu durum, ultrason uygulamasının asitliği arttırması, trigliseritlerin hidrolize olması ve buna bağlı olarak serbest yağ asitlerinin artması ile açıklanabilir (Jalilzadeh vd., 2018). Gursoy vd. (2016), termosonikasyonla üretilen yoğurt örnekleriyle yaptığı bir çalışmada genel olarak tüm örneklerin asitlik değerlerinin depolamanın ilk gününden itibaren 10. güne kadar kademeli olarak artış gösterdiğini ifade etmiştir. Farklı bir sonuç olarak Erkaya vd. (2015), termosonikasyonla üretilen ayran örneklerinin titre edilebilir asitliğinin depolama süresi boyunca artmadığını bildirmişlerdir ($P>0,05$).

3.2.5 Ayran Örneklerinin pH Değerlerinde Meydana Gelen

Değişmeler

Depolama boyunca ayran örneklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişmeler Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12 incelendiğinde G1, G2, G3, S1, S2 ve S3 örneklerine ait ortalama pH değerleri, kendi kontrol örneklerinin ortalama pH değerlerinden yüksek çıkmıştır, ancak fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Benzer şekilde, Ektik ve Tavşanlı (2021) ultrason uygulanarak üretilen yoğurt örnekleri ile kontrol grubu arasında pH değeri açısından önemli bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Geleneksel yöntemle farklı aşamalarda US uygulanarak üretilen ayran örnekleri kendi arasında kıyaslandığında G2 kodlu örneğin pH değerinin diğerlerinden düşük olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Sütü sulandırma yöntemiyle üretilen ayran örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında, S3 kodlu örneğin pH’ı diğer örneklere göre yüksek çıkmıştır ($P<0,05$).

Aynı numaraları taşıyan ortalamalar birbiri ile kıyaslandığında, G1 ve S1’e ait pH ortalamaları ile G2 ve S2’ye ait pH ortalamaları arasında fark önemli ($P<0,05$) çıkmıştır. G3 ve S3 örneklerinin pH değerleri arasındaki fark ise önemsizdir ($P>0,05$).

Depolama boyunca tüm örneklerde pH değerleri genel olarak düşüş göstermiştir, düşüş G3 örneğinde önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Gursoy vd. (2016)

yürüttükleri bir çalışmada, termosonikasyonla üretilen ayran örneklerinde pH değerinin depolamanın 5. gününe kadar azaldığı fakat depolamanın 10. gününde artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Tablo 3.12. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	4,47±0,099 ^a	4,39±0,113 ^a	4,35±0,078 ^a	4,32±0,085 ^a	4,38±0,094 ^x
G1	4,47±0,085 ^a	4,42±0,134 ^a	4,37±0,092 ^a	4,30±0,099 ^a	4,39±0,103 ^{xAX}
GK2	4,30±0,042 ^a	4,20±0,064 ^{ab}	4,22±0,042 ^{ab}	4,17±0,007 ^b	4,22±0,063 ^x
G2	4,31±0,078 ^a	4,20±0,064 ^a	4,23±0,014 ^a	4,18±0,000 ^a	4,23±0,064 ^{xBX}
GK3	4,28±0,064 ^a	4,13±0,028 ^b	4,15±0,007 ^b	4,20±0,042 ^{ab}	4,19±0,068 ^x
G3	4,36±0,042 ^a	4,31±0,014 ^{ab}	4,29±0,021 ^b	4,32±0,014 ^{ab}	4,32±0,035 ^{xAX}
SK1	4,16±0,007 ^a	4,11±0,092 ^a	4,09±0,057 ^a	3,99±0,078 ^a	4,08±0,083 ^x
S1	4,19±0,064 ^a	4,15±0,049 ^a	4,16±0,035 ^a	4,09±0,028 ^a	4,14±0,051 ^{xBY}
SK2	4,19±0,021 ^a	4,10±0,014 ^b	4,10±0,028 ^b	4,11±0,014 ^b	4,12±0,041 ^x
S2	4,19±0,028 ^a	4,14±0,035 ^a	4,13±0,007 ^a	4,14±0,057 ^a	4,15±0,038 ^{xBY}
SK3	4,28±0,106 ^a	4,21±0,028 ^a	4,19±0,064 ^a	4,20±0,099 ^a	4,22±0,071 ^x
S3	4,32±0,064 ^a	4,29±0,007 ^a	4,27±0,156 ^a	4,34±0,205 ^a	4,30±0,104 ^{xAX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Başka bir çalışmada, ultrason uygulanan probiyotik yoğurt örneklerinin pH değerinde depolama süresi arttıkça pH değerinde azalma olduğu belirtilmiştir. Bu değişimin, yoğurt bakterilerinin yüksek metabolik aktivitesinin buzdolabı koşullarında soğutmaya azaldığı, ancak enzimatik aktiviteden dolayı depolama sırasında pH'da bir azalmadan kaynaklandığı ifade edilmiştir (Akdeniz ve Akalın, 2023). Depolama boyunca pH değerindeki değişim, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un buzdolabı sıcaklığında zayıf da olsa aktif olmaları ve laktozun fermentasyonu yoluyla az miktarda laktik asit üreterek pH'ın düşmesine neden olmasına da bağlanabilir (Shah vd., 1995). Sonuç olarak söylenebilir ki, üretim yöntemi farklılığı ve farklı aşamalarda US uygulaması pH değerlerini

etkilemiştir. Yöntemler içerisinde en yüksek pH değeri ortalaması G1 örneğinde tespit edilmiştir.

3.2.6 Ayran Örneklerinin Suda Eriyen Azot (WSN) Değerinde Meydana Gelen Değişmeler

Suda çözünen azot (water soluble nitrogen: WSN), süt ürünlerinde özellikle de peynirlerde proteoliz düzeyinin tespitinde kullanılan bir parametre olup, olgunlaşmanın göstergesi olarak kabul edilmektedir (Koçak vd.,1997).

Üretilen ayran örneklerinin depolama boyunca suda eriyen azot (WSN) oranlarında gözlenen değişimler Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca WSN değerlerinde (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	0,033±0,003 ^a	0,031±0,006 ^a	0,031±0,006 ^a	0,035±0,000 ^a	0,032±0,004 ^x
G1	0,033±0,003 ^a	0,031±0,006 ^a	0,031±0,006 ^a	0,035±0,000 ^a	0,032±0,004 ^{xB^x}
GK2	0,033±0,003 ^a	0,030±0,001 ^a	0,029±0,004 ^a	0,034±0,001 ^a	0,031±0,003 ^x
G2	0,031±0,000 ^a	0,025±0,001 ^b	0,027±0,001 ^{ab}	0,028±0,003 ^{ab}	0,028±0,003 ^{yC^x}
GK3	0,033±0,003 ^a	0,035±0,000 ^a	0,035±0,000 ^a	0,035±0,000 ^a	0,035±0,001 ^x
G3	0,080±0,000 ^b	0,080±0,001 ^b	0,088±0,000 ^a	0,088±0,000 ^a	0,084±0,004 ^{yA^x}
SK1	0,031±0,000 ^a	0,030±0,001 ^a	0,028±0,002 ^a	0,028±0,002 ^a	0,029±0,002 ^x
S1	0,029±0,029 ^a	0,027±0,001 ^a	0,027±0,001 ^a	0,027±0,001 ^a	0,027±0,002 ^{xB^y}
SK2	0,031±0,006 ^a	0,034±0,001 ^a	0,034±0,001 ^a	0,035±0,006 ^a	0,033±0,004 ^x
S2	0,022±0,006 ^a	0,029±0,000 ^a	0,028±0,002 ^a	0,028±0,001 ^a	0,027±0,004 ^{yB^x}
SK3	0,037±0,002 ^a	0,038±0,001 ^a	0,040±0,004 ^a	0,041±0,001 ^a	0,039±0,003 ^x
S3	0,080±0,006 ^a	0,098±0,020 ^a	0,099±0,009 ^a	0,097±0,004 ^a	0,093±0,012 ^{yA^x}

a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.

G2 örneğinin suda eriyen azot değeri (WSN) ortalaması, kontrolüne ait ortalama WSN değerinden düşük ($P<0,05$), G3 örneğinin ortalama WSN değeri kendi kontrol örneğinin ortalama WSN değerinden yaklaşık 2,5 kat daha fazla

($P<0,05$) bulunmuştur. Benzer sonuçlar, S2 ve S3 örneklerinde de tespit edilmiştir. Sonuç olarak ultrason uygulamasının pastörizasyondan sonra yapılması ayran örneklerinde (G2 ve S2) % WSN değerini düşürürken, sadece ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinde (G3 ve S3) % WSN değeri aşırı şekilde artmıştır. Ses dalgalarının gıda bünyesinde var olan proteinlerin yapısında değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Proteinlerdeki modifikasyon kısaca şu şekilde tanımlanabilir: Sıvı ortama verilen ses dalgaları etkisiyle kavitasyon çekirdekleri titreşerek büyür kritik boyuta ulaştığında çöker ve biriktirdiği enerjiyi ortama verir. Ortamda oluşan yüksek sıcaklık (5000 K) ve basınç (100 MPa) proteinlerin yapısında değişikliklere yol açar. Kavitasyon etkisiyle ayrıca suda yüksek oranda reaktif radikallerin ve süperoksit türlerinin oluşumu proteinlerin üçüncül yapısını koruyan kuvvetleri bozarak protein yapısında değişikliklere yol açabilmektedir (Yu vd., 2024).

Tablo 3.13 incelendiğinde, geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri kendi içinde kıyaslandığında ultrason uygulama aşamasının örneklerin % WSN değeri üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. En yüksek % WSN değeri (%0,084) G3 kodlu ayran örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Süte su katarak üretilen ayran örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında S1 ve S2 kodlu ayran örneklerinin % WSN değerinin birbiri ile benzer olduğu, en yüksek % WSN değerinin (%0,093) S3 kodlu örnekte tespit edildiği görülmektedir ($P<0,05$). Farklı frekanslarda (20, 40 ve 60 kHz), %80 yoğunlukta, 20 dk. ultrason kullanılarak üretilen İran beyaz peyniri örneklerinde 60 günlük depolama sonunda ultrasonlu örneklerin % WSN değeri kontrol örneğine göre yüksek çıkmış en yüksek % WSN değeri (%10,62) 20 kHz frekansta ultrason uygulanan örnekte elde edilmiştir. WSN değerinde artışın sebebi ultrasonla peynir altı suyu proteinlerinin çözünürlüğünde artış göstermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Jalilzadeh vd., 2018).

Aynı numaralı örnekler karşılaştırıldığında, G1 ve S1 örneklerinin WSN ortalamaları birbirinden farklı ($P<0,05$) çıkmıştır. Diğerleri arasındaki fark önemsiz ($P>0,05$) çıkmıştır.

Örneklerde genelde WSN değerleri depolama boyunca artış göstermiş, artış G2 ve G3 örneklerinde önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Sonikasyonla ve geleneksel yöntemle tuzlanan Mahon peynirleri üzerine yapılan bir çalışmada 80 günlük depolama süresince her iki yöntemle de üretilen peynirlerin % WSN değerinde artış olduğu bildirilmiştir (Sánchez vd., 2001a).

3.2.7 Ayran Örneklerinin Lipoliz Oranlarında Meydana Gelen Değişmeler

Süt yağının, sütün doğal lipazıyla veya süte sonradan kontamine olan bakteriler tarafından salgılanan lipazlarla ya da her ikisinin beraber etkileşimiyle hidrolitik parçalanması sonucu daha küçük bileşenlere (mono ve digliseritler ile yağ asitlerine) ayrılması olayına lipoliz denir (Coşkun, 2024).

Tablo 3.14'te ayran örneklerinde depolama boyunca lipoliz oranlarında meydana gelen değişmeler verilmiştir.

Tablo 3.14. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca lipoliz değerlerinde (% ADV) meydana gelen değişmeler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	1,45±0,127 ^a	1,45±0,007 ^a	1,66±0,396 ^a	1,47±0,643 ^a	1,51±0,305 ^x
G1	6,72±0,559 ^a	6,79±0,841 ^a	7,47±1,301 ^a	7,77±1,605 ^a	7,18±0,992 ^{yBX}
GK2	1,38±0,042 ^a	1,49±0,283 ^a	1,69±0,219 ^a	1,53±0,269 ^a	1,52±0,206 ^x
G2	1,42±0,177 ^a	1,54±0,014 ^a	1,46±0,042 ^a	1,32±0,106 ^a	1,43±0,118 ^{xCX}
GK3	1,68±0,219 ^a	1,55±0,163 ^a	1,69±0,283 ^a	2,02±0,134 ^a	1,73±0,243 ^x
G3	17,99±4,271 ^a	18,49±5,841 ^a	19,04±0,064 ^a	22,36±2,998 ^a	19,47±3,479 ^{yAX}
SK1	3,39±0,552 ^a	3,45±0,453 ^a	4,45±0,516 ^a	4,69±0,940 ^a	3,99±0,788 ^x
S1	16,55±3,288 ^a	18,92±1,054 ^a	19,87±1,874 ^a	21,80±0,163 ^a	19,28±2,508 ^{yBY}
SK2	3,45±0,064 ^a	3,42±0,163 ^a	3,87±0,198 ^a	6,23±3,422 ^a	4,24±1,797 ^x
S2	3,01±0,0283 ^b	2,96±0,304 ^b	3,70±0,057 ^{ab}	4,84±1,188 ^a	3,63±0,941 ^{xCY}
SK3	3,71±0,643 ^a	3,74±0,870 ^a	3,89±1,032 ^a	3,84±0,601 ^a	3,79±0,614 ^x
S3	22,87±5,169 ^a	25,37±0,502 ^a	25,17±0,057 ^a	24,47±0,488 ^a	24,47±2,234 ^{yAY}

a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.

Tablo 3.14'te görüldüğü üzere ayran örneklerinin lipoliz değerleri kontrole göre kıyaslandığında; G1, G3, S1 ve S3 örneklerinde kontrollerine göre daha yüksek çıkmıştır (P<0,05). Yapılan bir çalışmada, olgunlaşma periyodunun sonunda (60. gün) en yüksek lipoliz oranı (%7,44) 60 kHz'de ultrason uygulanan

örnekte, en düşük oranı (%6,80) ise kontrol örneğinde saptanmıştır. Ultrason uygulaması ile yağ küreciklerinin azaltılması ve yüzey alanının artırılması lipoliz oranını artırmada en önemli faktör olduğu düşünülmektedir (Jalilzadeh vd., 2018). Mahon peynirleri ile yapılan başka bir çalışmada, olgunlaşma boyunca toplam serbest yağ asidi miktarı ultrasonik banyoda tuzlanan peynirlerde geleneksel olarak tuzlanan peynirlere kıyasla daha yüksek çıkmıştır (Sánchez vd., 2001b).

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri arasından en düşük lipoliz oranı (%1,43) pastörizasyondan sonra ultrason uygulanan örnekten (G2) elde edilirken, en yüksek lipoliz oranı (%19,47) ise sadece ultrason uygulanarak üretilen ayran örneğinden (G3) elde edilmiştir ($P<0,05$). Sütü sulandırma yöntemiyle üretilen ayran örneklerinde en düşük lipoliz oranı (%3,63) pastörizasyondan sonra US uygulanan örnekte (S2) bulunurken, en yüksek lipoliz oranı ise (%24,47) sadece US uygulanan örnekte (S3) tespit edilmiştir. Bu sonuç, ultrason uygulamasının ayranlarda pastörizasyondan önce yapılması halinde yağda hidrolizi hızlandırdığını göstermektedir. Tek başına US uygulanan ayranlarda ise (G3 ve S3) yağda meydana gelen hidrolizin aşırı arttığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda lipaz aktivitesinin pastörizasyon sırasında (72 °C'de 15 sn.) %83 oranında ve 78 °C'de 15 sn. ısıtıldıktan sonra %100 oranında azaldığı bildirilmiştir (Karami, 2017). Bu çalışmada ısıtılma işlemi 90 °C'de 5 dk. süresince uygulanmıştır. Literatüre göre seçilen ısıtılma işlemi normunda lipaz enziminin inaktif hale geldiği söylenebilir. Sonuç olarak pastörizasyon işlemiyle sütte bulunan veya sonradan bulaşan lipaz enzimlerinin inhibe edilebileceği, neticede pastörizasyonun ardından US uygulaması yapılmasının örneklerin % ADV değerine olumsuz etkisinin olmadığı söylenebilir.

Aynı numaraları taşıyan (farklı yöntemle üretim, aynı aşamada US uygulaması) örnekler kendi aralarında incelendiğinde; S1 örneği G1 örneğine göre, S2 örneği G2 örneğine göre ve S3 örneği G3 örneğine göre daha yüksek oranda lipoliz değerlerine sahip olmuştur, yani sütü sulandırılarak ayrana işlenmesi lipoliz değerlerini artırmıştır ($P<0,05$).

Depolama boyunca genel olarak lipoliz değerleri tüm örneklerde artış göstermiş, artış S2 örneğinde önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Jalilzadeh vd. (2018), farklı frekanslarda ultrason uygulanarak üretilen tüm peynir örneklerinde depolama boyunca serbest yağ asidi miktarının arttığını bildirmişlerdir.

3.2.8 Ayran Örneklerinin Asetaldehit Miktarında Meydana Gelen Değişmeler

Asetaldehitin yoğurdun başlıca aroma ve lezzet unsurlarından biri olduğu bilinmektedir. Asetaldehit üretiminde *Lactobacillus* türlerinin önemli rolü varken, streptokoklar ise daha az miktarda asetaldehit üretmektedir (Yüksekdağ ve Beyatlı, 2003). Asetaldehitin başlıca laktozun indirgenmesiyle ve valin gibi aminoasitlerin tranformasyonu ile oluşabileceği ifade edilmiştir (Aslım vd., 2000).

Ayran örneklerinin asetaldehit miktarında depolama boyunca meydana gelen değişimler Tablo 3.15'te sunulmuştur.

Tablo 3.15. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca asetaldehit miktarında (ppm) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	7,68±1,902 ^a	8,78±0,742 ^a	7,92±0,311 ^a	3,36±0,233 ^b	6,93±2,383 ^x
G1	7,76±0,700 ^{ab}	8,25±0,311 ^a	8,20±0,544 ^a	3,25±3,345 ^b	6,86±2,598 ^{xAX}
GK2	8,72±0,735 ^a	5,86±0,035 ^{ab}	4,94±3,281 ^{ab}	2,78±1,648 ^b	5,57±2,685 ^x
G2	7,37±1,867 ^a	6,35±0,891 ^a	6,53±0,240 ^a	2,17±1,460 ^b	5,61±2,364 ^{xAX}
GK3	10,25±0,339 ^a	7,62±0,120 ^a	5,26±3,536 ^{ab}	1,67±0,156 ^b	6,20±3,631 ^x
G3	3,42±0,389 ^a	2,65±0,757 ^{ab}	2,04±0,106 ^{bc}	1,36±0,000 ^c	2,36±0,873 ^{yBX}
SK1	8,60±0,742 ^a	6,90±1,881 ^{ab}	4,79±3,783 ^{ab}	1,75±0,071 ^b	5,51±3,176 ^x
S1	7,90±0,276 ^a	7,44±0,177 ^a	6,66±0,269 ^b	1,99±0,049 ^c	5,99±2,524 ^{xAX}
SK2	10,37±0,170 ^a	9,42±1,655 ^a	7,30±4,533 ^a	3,64±1,697 ^a	7,68±3,373 ^x
S2	10,15±1,393 ^a	9,78±1,619 ^a	6,47±1,747 ^{ab}	2,73±0,156 ^b	7,28±3,364 ^{xAX}
SK3	11,41±0,700 ^a	8,38±0,806 ^b	7,85±1,329 ^b	4,72±1,167 ^c	8,09±2,654 ^x
S3	4,32±0,120 ^a	2,92±0,693 ^b	2,62±0,325 ^b	2,38±0,382 ^b	3,06±0,866 ^{yBX}

a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.

Tablo 3.15 incelendiğinde, tek başına US uygulaması yapılan örneklerde (G3 ve S3) kontrol örneğine kıyasla çok düşük oranlarda asetaldehit miktarı elde edilirken ($P<0,05$), diğer örneklerin asetaldehit miktarı kendi kontrolleri ile benzer

çıkılmıştır. Bazı araştırmacılar, 4 ppm'den daha az asetaldehitin zayıf bir tat verdiğini, 8 ppm'den fazla asetaldehit üretildiğinde ise üründe iyi bir tat elde edildiğini dile getirmişlerdir (Routray ve Mishra, 2011). Verilen değerler göz önüne alındığında sadece ultrason uygulaması ile üretilen G3 ve S3 kodlu örneklerde zayıf bir aroma hissedildiği söylenebilir. Farklı olarak, Tavşanlı vd. (2024) yaptıkları bir çalışmada, inokülasyondan önce ve sonra ultrason uygulanan yoğurt örneklerinin asetaldehit miktarının kontrol örneğine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri kendi içinde değerlendirildiğinde G3 kodlu örneğin asetaldehit miktarı en düşük, süte su katarak üretilen ayran örnekleri arasından ise S3 kodlu örneğin asetaldehit miktarı en düşük çıkmıştır ($P<0,05$). Geleneksel yöntemle üretilen örnekler içinden en yüksek asetaldehit miktarı (6,86 ppm) pastörizasyondan önce ultrason uygulanan örnekten (G1) elde edilirken, sütü sulandırma yöntemiyle üretilen ayran örnekleri arasından en yüksek asetaldehit miktarı (7,28 ppm) pastörizasyondan sonra ultrason uygulanan ayran örneğinden (S2) elde edilmiştir.

Aynı numaraları taşıyan ayran örnekleri arasında ise asetaldehit miktarı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Sonuç olarak, farklı üretim yöntemleriyle aynı aşamada ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinin asetaldehit miktarındaki değişimin önemsiz olduğu görülmektedir.

Tüm örneklerde depolama boyunca asetaldehit miktarı düşüş göstermiştir ($P<0,05$). Yoğurt benzeri fermente süt ürünleri ile yapılan bir çalışmada, 35 günlük depolama süresi boyunca tüm örneklerin asetaldehit miktarında belli bir azalış olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz, 2006). Gerek depolama boyunca asetaldehitte meydana gelen azalma ve gerekse G3 ve S3 örneklerinde diğerlerine göre daha düşük miktarda asetaldehit bulunması; asetaldehitin hem mayalar ve hem de laktik asit bakterileri tarafından salgılanan alkol dehidrogenaz enzimi ile etil alkole dönüştürülmüş olmasından kaynaklanabilir (Sarica ve Coşkun, 2020; Sarica, 2022).

3.2.9 Ayran Örneklerinin Serum Ayrılması Miktarında (%)

Meydana Gelen Değişmeler

Serum ayrılması diğer adıyla sinerez, yoğurt benzeri jellerinin üst kısmında kendiliğinden oluşan kalite kusurlarından biridir (Tamuçay Özünlü, 2005). Serum ayrılmasında süt proteinleri önemli rol oynamakta, proteinlerin stabilite durumu yoğurt üretiminde uygulanan teknolojik işlemlerden (ısı uygulaması, asitlik

gelişimi) etkilenmektedir. Dolayısıyla geleneksel yolla üretilen ayranlarda serum ayrılması istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Atamer vd., 1999).

Üretilen ayran örneklerinin depolama boyunca serum ayrılması değerlerinde (%) meydana gelen değişimler Tablo 3.16’da gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca serum ayrılması miktarında (%) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	3,00±4,243 ^b	28,00±5,657 ^a	30,00±2,828 ^a	33,00±7,071 ^a	23,50±13,384 ^x
G1	3,00±4,243 ^b	18,50±2,121 ^a	20,00±0,000 ^a	23,00±1,414 ^a	16,13±8,493 ^{xABX}
GK2	13,00±18,835 ^a	19,00±15,556 ^a	19,00±15,556 ^a	19,00±15,556 ^a	17,50±12,638 ^x
G2	3,00±4,243 ^a	10,00±8,485 ^a	11,00±7,071 ^a	11,00±7,071 ^a	8,75±6,319 ^{xBX}
GK3	11,00±9,899 ^a	17,00±4,243 ^a	18,00±2,828 ^a	20,00±2,828 ^a	16,50±5,632 ^x
G3	6,00±2,828 ^c	19,00±4,243 ^b	25,00±1,414 ^{ab}	27,00±1,414 ^a	19,25±9,004 ^{xAX}
SK1	17,00±18,385 ^a	18,00±19,80 ^a	25,00±12,728 ^a	26,00±11,314 ^a	21,50±12,817 ^x
S1	12,00±5,657 ^a	16,00±5,657 ^a	21,00±1,414 ^a	23,00±1,414 ^a	18,00±5,555 ^{xAX}
SK2	16,00±5,657 ^a	28,50±9,192 ^a	31,50±7,778 ^a	32,50±9,192 ^a	27,13±9,326 ^x
S2	8,00±5,657 ^a	17,50±16,263 ^a	20,00±16,971 ^a	21,00±18,385 ^a	16,63±12,727 ^{xAX}
SK3	29,50±0,707 ^b	36,00±0,000 ^{ab}	40,00±2,828 ^a	43,00±4,243 ^a	37,13±5,743 ^x
S3	13,50±4,950 ^a	18,50±4,950 ^a	22,00±2,828 ^a	23,00±2,828 ^a	19,25±5,007 ^{yAX}

a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.

Tablo 3.16’den anlaşılabacağı gibi US uygulanan örnekler kontrolleriyle kıyaslandığında, tüm örneklerde serum ayrılması değerleri kontrol örneklerine göre (G3 hariç) daha düşük çıkmıştır. Buradan US uygulamasının serum ayrılması değerlerini düşürdüğü söylenebilir. Farklı güç ve sürelerde US uygulanan ayran örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, US gücü ve süresi arttıkça serum ayrılmasının azaldığı en yüksek serum ayrılmasının kontrol örneğinde olduğu belirtilmiştir (Ertugay vd., 2012). US uygulamasıyla örnekte oluşan kavitasyon kabarcıkları ortamda yoğun şok dalgaları oluşturarak iki karışmayan sıvının faz

sınır tabakası yüzeyine yakın bir yerde çökmektedir. Bu durumda ince bir emülsiyon oluşmaktadır. Ultrason ile birbirine karışmayan fazların birinine karışması (homojenizasyon etkisi), serum ayrılmasının azalmasında etkili olabileceği belirtilmiştir (Ertugay vd., 2012; Erkaya vd., 2015).

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri birlikte değerlendirildiğinde en düşük serum ayrılması, pastörizasyondan sonra US uygulanan G2 kodlu örnekte tespit edilmiştir ($P<0,05$). Süte su katarak üretilen tüm ayran örneklerinde serum ayrılması değerleri birbiri ile benzer çıkmıştır ($P>0,05$). İki farklı üretim yöntemi birbiri ile kıyaslandığında ise en düşük serum ayrılmasının geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinde görüldüğü söylenebilir.

Aynı numaraları taşıyan örnekler arasında serum ayrılması değerleri bakımından fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$).

Depolama boyunca serum ayrılması değerleri tüm örneklerde artmıştır, artış G3 örneğinde önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Duman (2019) farklı ultrason ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması üzerine etkilerini araştırdığı bir çalışmada, depolama boyunca tüm örneklerde serum ayrılmasının arttığını ifade etmişlerdir. Depolamanın sonuncu gününde (10. gün) en az serum ayrılması ultrason + %0,01 TG enzimi ilave edilen ayran örneklerinde meydana gelmiştir. Gursoy vd. (2016), farklı güç seviyelerinde termosonikasyon uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca serum ayrılmasının arttığını ayrıca 150 W termosonikasyon uygulaması yapılan örneklerde depolama boyunca serum ayrılması görülmediğini rapor etmişlerdir.

3.2.10 Ayran Örneklerinin Viskozite Değerinde (mPa.s) Meydana Gelen Değişmeler

Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda US uygulanan ayran örneklerinin viskozite değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 3.17’de sunulmuştur.

Tablo 3.17 incelendiğinde ayran örneklerinin viskozite değerleri kontrolleri ile kıyaslandığında; G3 ve S3 örnekleri kontrole göre daha düşük viskozite değerlerine sahip olmuştur ($P<0,05$). Buradan sütü pastörize etmeden sadece US uygulandığında ayran örneklerinin viskozite değerlerinin düştüğü anlaşılmaktadır. Diğer uygulamalarda US viskozite değerlerini yükseltmiştir. En yüksek viskozite değeri S2 örneğinden elde edilmiştir. Wu vd. (2001) yoğurt örnekleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada, orta güç seviyesinde (%50-100) US uygulanarak üretilen

yoğurtlarda viskozitenin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğunu, ultrason gücü arttıkça viskozitenin de arttığını bildirmişlerdir. Farklı güç ve sürelerde ultrason uygulanan ayran örnekleriyle yapılan bir çalışmada, US uygulanan örneklerin (%40 gücünde 2 dk. US uygulanan örnek hariç) viskozite değerinin kontrole göre yüksek olduğu, US gücü ve uygulama süresi arttıkça viskozitenin arttığı rapor edilmiştir (Ertugay vd., 2012).

Tablo 3.17. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca viskozite değerlerinde (mPa.s) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	7,06±0,863 ^a	5,66±0,799 ^a	6,28±1,853 ^a	6,06±0,919 ^a	6,26±1,052 ^x
G1	6,59±0,453 ^a	7,37±1,110 ^a	6,33±1,739 ^a	6,50±1,209 ^a	6,70±1,014 ^{xBY}
GK2	11,43±0,389 ^a	10,42±2,079 ^a	11,55±0,042 ^a	11,65±0,318 ^a	11,26±0,964 ^x
G2	14,02±1,138 ^a	11,86±1,068 ^a	13,52±0,148 ^a	12,32±0,064 ^a	12,93±1,106 ^{yAX}
GK3	12,03±1,605 ^a	13,28±0,940 ^a	11,66±1,082 ^a	9,97±1,549 ^a	11,73±1,613 ^x
G3	4,90±0,240 ^a	5,05±0,368 ^a	5,26±0,205 ^a	5,19±0,325 ^a	5,10±0,265 ^{yCX}
SK1	14,20±4,999 ^a	13,89±3,161 ^a	14,66±2,079 ^a	14,65±1,732 ^a	14,35±2,483 ^x
S1	16,77±3,670 ^a	14,93±5,713 ^a	17,39±4,914 ^a	15,73±3,521 ^a	16,20±3,581 ^{xBY}
SK2	18,34±2,270 ^a	14,87±0,438 ^a	14,18±0,834 ^a	14,94±2,772 ^a	15,58±2,225 ^x
S2	24,35±3,967 ^a	21,70±5,204 ^a	15,67±0,057 ^a	18,56±1,584 ^a	20,07±4,317 ^{yAY}
SK3	14,05±5,063 ^a	13,76±4,144 ^a	15,17±2,758 ^a	16,99±6,753 ^a	14,99±3,943 ^x
S3	10,85±2,432 ^a	9,23±2,694 ^a	9,67±2,192 ^a	10,49±3,486 ^a	10,06±2,186 ^{yCY}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri arasından en yüksek viskozite değeri (12,93 mPa.s) G2 kodlu ayran örneğinde tespit edilmiştir (P<0,05). Süte su katarak üretilen ayran örnekleri kendi arasında kıyaslandığında en yüksek viskozite değerinin (20,07 mPa.s) S2 kodlu örnekte olduğu görülmektedir (P<0,05). Pastörizasyondan sonra US uygulanması (2 ile kodlanan örnekler) ayran örneklerinde viskoziteyi arttırmıştır. Tabloya genel olarak baktığımızda sütü

sulandırma yöntemiyle üretilen ayranların viskozitesinin geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinin viskozitesinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Geleneksel yöntemde yoğurda sonradan su katılmasının viskozite üzerinde olumsuz etki yarattığı söylenebilir.

Aynı numaraları taşıyan örnekler birbiri ile kıyaslandığında aradaki fark önemli çıkmıştır, yani yoğurdun sulandırılması ve sütün sulandırılması vizkozite değerlerini etkilemiştir ($P<0,05$). Sütü sulandırarak yapılan ayran üretim yönteminin viskozite üzerinde olumlu bir etki yarattığı söylenebilir.

Genel olarak depolamanın sonlarına doğru ayran örneklerinin viskozite değerlerinde azalış olsa da depolama boyunca önemli bir değişim olmamıştır ($P>0,05$). Yapılan çalışmalarda farklı güçlerde termosonikasyon (Gursoy vd., 2016) ve ultrason (Yazar Özen, 2017) uygulanarak üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca viskozitede azalma görülmüştür.

3.2.11 Ayran Örneklerinin Renk (L^*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Uluslararası Renk Aydınlatmasına (CIE) göre parlaklık düzeyi “ L^* ” ile ifade edilmekte ve bu değer 0-100 arasında değişiklik göstermektedir. Sıfıra yaklaştıkça siyahlık, yüze yaklaştıkça beyazlık derecesi artmaktadır (Keskin vd., 2017). Sütün kendine has beyaz rengi, görünür spektrumda ışığı dağıtan yağ kürecikleri ve kazein misellerinin varlığından kaynaklanır. Ultrason uygulamasıyla oluşan enerji, koloidal süt proteinleri ve yağ kürecikleri tarafından emilebilmekte veya yansıtılabilmektedir (Tavşanlı vd., 2024). Ayrıca sütün rengini etkileyen faktörler arasında yağ küreciklerinin büyüklüğü, süt proteinlerinin büyüklük dağılımı, Maillard reaksiyonunun insidansı, serum proteinlerinin denatürasyonu ve koagülasyonu sayılabilir (Kashaninejad ve Razavi, 2020).

Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin renk (L^*) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 3.18’de sunulmuştur.

Tablo 3.18’den de izleneceği üzere, L^* (parlaklık) değerleri kontrol örnekleri ile kıyaslandığında ultrason uygulanan her örnekte artış göstermiştir. Artış istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Tavşanlı vd. (2024) de starter ilavesinden önce ve sonra US uygulanarak üretilen yoğurt örneklerinin L^* değerlerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğunu ifade etmiştir.

Tablo 3.18. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (L^*) değerlerinde meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	78,47±1,039 ^a	78,74±0,431 ^a	78,33±1,266 ^a	77,22±1,209 ^a	78,19±1,000 ^x
G1	82,62±0,438 ^a	82,80±0,431 ^a	83,17±0,714 ^a	82,46±0,014 ^a	82,76±0,453 ^{yB^x}
GK2	80,84±0,495 ^a	80,21±0,120 ^a	80,63±0,672 ^a	80,62±0,028 ^a	80,57±0,403 ^x
G2	83,60±0,276 ^a	83,39±0,205 ^a	83,19±0,509 ^a	83,58±0,007 ^a	83,44±0,291 ^{yA^x}
GK3	81,12±0,212 ^a	80,97±0,184 ^a	81,02±0,113 ^a	81,06±0,021 ^a	81,04±0,129 ^x
G3	81,09±0,339 ^a	81,37±0,134 ^a	81,38±0,559 ^a	81,61±0,163 ^a	81,36±0,325 ^{yC^x}
SK1	81,35±0,247 ^a	81,40±0,085 ^a	81,49±0,339 ^a	81,46±0,445 ^a	81,42±0,241 ^x
S1	83,56±0,417 ^a	83,68±0,403 ^a	83,91±0,481 ^a	83,99±0,559 ^a	83,78±0,400 ^{yA^y}
SK2	81,76±0,679 ^a	81,68±0,912 ^a	81,28±0,912 ^a	81,12±1,117 ^a	81,46±0,751 ^x
S2	83,83±0,863 ^a	83,97±0,834 ^a	84,01±0,651 ^a	83,82±1,181 ^a	83,91±0,688 ^{yA^x}
SK3	81,51±0,382 ^a	81,39±0,445 ^a	81,20±1,266 ^a	80,93±0,233 ^a	81,25±0,584 ^x
S3	82,17±0,120 ^a	81,95±0,438 ^a	82,02±0,085 ^a	81,77±0,106 ^a	81,98±0,236 ^{yB^y}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Farklı güç seviyelerinde (50, 75, 100, 125 ve 150 W) ve farklı sürelerde (2,5 ve 5 dk.) ultrason uygulanan ayran örneklerinin L^* değerinde kontrole kıyasla hafif bir artış olduğu beyan edilmiştir (Yazar Özen, 2017). Benzer olarak farklı güç seviyelerinde termosonikasyon uygulanan sütlerden üretilen ayran örneklerinin L^* değeri kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur (Gursoy vd., 2016). Sonuç olarak ultrasonun L^* değeri üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Erkaya vd. (2015), farklı sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanan ayran örneklerinin L^* değerlerinin 90 °C'de 10 dk. ısıtım işlemi gören örneğe kıyasla daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Kutlu vd. (2022)'ye göre ultrason uygulaması esmerleşmeyi başlatmaktan sorumlu olan enzimlerin aktivitelerini azaltmakta ve böylece gıdanın doğal rengini korumaktadır.

Geleneksel yöntemle üretilen ayranlar arasından en yüksek L* değeri pastörizasyondan sonra US uygulanan G2 kodlu örnekte tespit edilmiştir (P<0,05). Süte su katarak üretilen ayran örnekleri incelendiğinde, en yüksek L* değeri S2 kodlu örnekten elde edilmiştir. Sonuç olarak pastörizasyondan sonra US uygulamasının ayran örneklerinin L* değerini arttırdığı söylenebilir. Sadece US uygulanarak üretilen ayran örneklerinin (G3 ve S3) L* değeri diğer uygulamalara göre daha düşük çıkmıştır.

Pastörizasyondan önce US uygulanan örnekler (G1 ve S1) ve sadece US uygulamasıyla üretilen ayran örnekleri (G3 ve S3) birbiriyle kıyaslandığında L* değerindeki farklılık istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05). Parlaklık değerleri bütünüyle incelendiğinde yoğurdun sulandırılması ile elde edilen ayran örneklerine göre, sütün sulandırılması ile elde edilen ayranlarda US uygulaması L* değerini yükseltmiştir. Ultrason uygulanan örneklerde L* değerlerinin daha yüksek olmasının sebebi yağ globül boyutlarının azalmasıdır. Yağ küreciklerinin boyutundaki önemli değişiklikler, artan parlaklık (L*) olarak algılanabilen ışık refleksini değiştirmek için yeterlidir (Scudino vd., 2022). Özetle, parlaklık değerinin artması süte US uygulamasıyla geliştirilen homojenizasyon etkinliğinden kaynaklanmaktadır (Bermúdez-Aguirre vd., 2009). Homojenizasyon işlemi, yağ globüllerinin boyutunu küçülterek sayıca artırır böylece globüllerin güneş ışığını yansıtma kapasiteleri de artar. Bu durumda süt ürünü daha beyaz görünür (Karacaoğlu ve Özdemir, 2021).

Tüm örneklerde depolama boyunca L* değerindeki değişim önemsizdir (P>0,05). Benzer şekilde Ektik ve Tavşanlı (2021) yaptıkları bir çalışmada, depolama boyunca, ultrason uygulanan yoğurt örnekleri ile kontrol örneğinin L* değerinde önemli bir değişim olmadığını rapor etmişlerdir.

3.2.12 Ayran Örneklerinin Renk (a*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Uluslararası Renk Aydınlatmasına (CIE) göre “-a*” değeri yeşilliği, “+a*” değeri ise kırmızı rengi temsil etmektedir (Sayı olarak “-60”a yaklaştıkça yeşillik artarken, “+60”a yaklaştıkça kırmızılık artar) (Keskin vd., 2017). Süt ürünlerinde yeşil rengi etkileyen birkaç faktör bulunmaktadır. Örneğin peyniraltı suyu yüksek riboflavin içeriği sebebiyle karakteristik sarı-yeşil renge sahiptir (Güzeler ve Esmek, 2014). Süt ürünlerinde yeşil ve sarı renklerin oluşumu, peynir altı suyunun

ayrılması ve bakteri gelişimi gibi farklı etkiler nedeniyle meydana gelebilmektedir (Bermúdez-Aguirre vd., 2009).

Ayran örneklerinin renk (a^*) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.19. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (a^*) değerlerinde meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	-2,64±0,297 ^a	-2,80±0,014 ^a	-2,73±0,071 ^a	-2,87±0,042 ^a	-2,76±0,148 ^x
G1	-2,44±0,156 ^a	-2,49±0,021 ^a	-2,53±0,099 ^a	-2,48±0,170 ^a	-2,48±0,101 ^{yABX}
GK2	-2,82±0,014 ^a	-2,87±0,184 ^a	-2,79±0,042 ^a	-2,78±0,092 ^a	-2,81±0,088 ^x
G2	-2,61±0,106 ^a	-2,64±0,106 ^a	-2,54±0,028 ^a	-2,51±0,028 ^a	-2,57±0,079 ^{yBX}
GK3	-2,64±0,057 ^a	-2,70±0,099 ^a	-2,67±0,092 ^a	-2,76±0,049 ^a	-2,69±0,074 ^x
G3	-2,32±0,014 ^a	-2,47±0,035 ^b	-2,44±0,092 ^{ab}	-2,51±0,021 ^b	-2,43±0,083 ^{yAX}
SK1	-2,63±0,014 ^a	-2,78±0,007 ^a	-2,74±0,170 ^a	-2,74±0,042 ^a	-2,72±0,088 ^x
S1	-2,45±0,028 ^a	-2,52±0,035 ^a	-2,52±0,078 ^a	-2,52±0,057 ^a	-2,50±0,051 ^{yBX}
SK2	-2,84±0,000 ^a	-2,88±0,071 ^a	-2,89±0,092 ^a	-2,95±0,078 ^a	-2,89±0,066 ^x
S2	-2,63±0,021 ^a	-2,63±0,042 ^a	-2,66±0,049 ^a	-2,73±0,106 ^a	-2,66±0,064 ^{yCY}
SK3	-2,75±0,085 ^a	-2,80±0,219 ^a	-2,89±0,120 ^a	-2,65±0,127 ^a	-2,77±0,143 ^x
S3	-2,40±0,148 ^a	-2,43±0,226 ^a	-2,48±0,184 ^a	-2,25±0,134 ^a	-2,39±0,163 ^{yAX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Ultrason uygulanan örneklerle kıyasla, kontrol örneklerinde daha düşük $-a^*$ değerleri (daha fazla yeşillik) elde edilmiştir. Yeşillik değerleri bakımından, farklı aşamalarda US uygulanan örneklerle, kontrol örnekleri arasındaki fark önemli ($P<0,05$) çıkmıştır. Kısaca, ultrason uygulanan örneklerde daha az yeşillik değerleri ortaya çıkmıştır. Bir çalışmada, termosonikasyon uygulanan sütlerden üretilen ayran örneklerinde kontrole kıyasla daha az yeşillik tespit edilmiştir fakat bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$) (Gursoy vd., 2016). Yapılan bir çalışmada, farklı sürelerde (1, 5 ve 10 dk.) %80 gücünde ultrason

uygulanan süt örneklerinin yeşillik değerinin kontrol örneğine göre daha düşük çıktığı; yağsız sütün yeşillik değerinin (-a*) ultrasonikasyon süresi arttıķa önemli ölçüde azaldığı ($P<0,05$) tespit edilmiştir (Khanal vd., 2014). Ayran örneklerine farklı sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanan bir başka çalışmada; ultrason uygulanan örnekler nazaran kontrol örneğinin yeşillik değeri yüksek bulunmuş, ancak istatistiksel olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir (Erkaya vd., 2015).

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerinin -a* değeri, G2 ve G3 kodlu örneklerde birbirinden farklı bulunmuştur ($P<0,05$). G3 kodlu örnek en düşük yeşillik değerine sahiptir. Sütü sulandırma yöntemiyle (S) retilen ayran örneklerinin her birinin yeşillik değeri birbirinden farklı bulunmuştur ($P<0,05$). En düşük yeşillik değerine sahip olan rnek S3 kodlu örnek olmuştur. zet olarak tek başına ultrason uygulamasının ayran örneklerinin yeşillik tonunu düşürdüğü ifade edilebilir.

G ve S yöntemiyle üretilen ve aynı aşamada ultrason uygulanan örnekler kıyaslandığında G2 ve S2 kodlu örnekler -a* değeri açısından birbirinden farklı çıkmıştır ve bu iki örnek arasından en az yeillike sahip rnek G2 kodlu örnek olmuştur.

G3 rneği hariç diğer tüm örneklerde -a* değerleri bakımından depolama boyunca meydana gelen değişme önemli görülmemiştir ($P>0,05$). Benzer ekilde, Ektik ve Tavşanlı (2021) yaptıkları bir çalışmada, farklı aşamalarda ultrason uygulanarak ürettikleri yoğurt örneklerinin ve kontrol örneğinin -a* değerinde depolama boyunca önemli bir değişme tespit etmemişlerdir.

3.2.13 Ayran rneklerinin Renk (b*) Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Renk b*, “+60” değerine kadar sarılığı temsil ederken, “-60” değerine kadar maviliği temsil etmektedir (Keskin vd., 2017). Ayran rneklerinin renk (b*) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 3.20’de verilmiştir.

Ultrason uygulanan örnekler ile bu örneklerin her birinin kendi kontrol örneğine ait sarılık (b*) değerleri incelendiğinde; G1 rneği hariç ($P<0,05$) diğer tüm örneklerde (G2, G3, S1, S2, S3) kontrollerine göre daha düşük sarılık (b*) değerleri elde edilmiştir. Tablo 3.20’den de anlaşılacağı üzere genel olarak kontrol grubu örneklerinin sarılık değeri US uygulanan örneklerden yüksek bulunmuştur.

Bunun nedeni süte uygulanan ısıtma işlemi (pastörizasyon) laktozun aldehit grubu ve proteinlerden gelen lizil kalıntılarının e-amino grubuyla bağlanmakta, pirazinler ve melanoidinler gibi kahverengi pigmentli ürünler oluşmakta, böylece ürünün b* (sarılık) değerini yükseltmektedir (Bermúdez-Aguirre vd., 2009). Gursoy vd. (2016) tarafından farklı güçlerde termosonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinde, kontrole kıyasla daha düşük sarılık (+b*) değerine ulaşılmıştır. Benzer bir çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanan ayran örneklerinde genel olarak ısıtma işlemi kıyasla termosonikasyon uygulanan örneklerde daha düşük b* değeri tespit edilmiştir. Ek olarak termosonikasyon süresi ve sıcaklık arttığında b* değerinde artış olduğu (P<0,05) kaydedilmiştir (Erkaya vd., 2015).

Tablo 3.20. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca renk (b*) değerlerinde meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	3,24±0,113 ^a	3,56±0,120 ^a	3,09±0,311 ^a	3,16±0,339 ^a	3,26±0,265 ^x
G1	3,92±0,191 ^a	4,13±0,000 ^a	4,27±0,007 ^a	3,85±0,247 ^a	4,04±0,215 ^{yBX}
GK2	4,83±0,276 ^a	4,40±0,410 ^a	4,61±0,453 ^a	4,65±0,410 ^a	4,62±0,339 ^x
G2	4,68±0,028 ^a	4,48±0,071 ^a	4,26±0,361 ^a	4,55±0,099 ^a	4,49±0,219 ^{xAX}
GK3	4,44±0,233 ^a	4,42±0,269 ^a	4,38±0,290 ^a	4,61±0,148 ^a	4,46±0,205 ^x
G3	4,04±0,368 ^a	4,34±0,339 ^a	4,35±0,785 ^a	4,56±0,488 ^a	4,32±0,443 ^{xABX}
SK1	4,85±0,021 ^a	5,18±0,078 ^a	4,94±0,544 ^a	4,99±0,170 ^a	4,99±0,253 ^x
S1	4,64±0,000 ^a	4,89±0,078 ^a	4,68±0,297 ^a	4,68±0,141 ^a	4,72±0,164 ^{yBY}
SK2	6,27±0,693 ^a	6,38±1,188 ^a	6,21±0,255 ^a	6,42±0,453 ^a	6,32±0,563 ^x
S2	5,61±0,764 ^a	5,68±0,622 ^a	5,58±0,325 ^a	5,94±0,566 ^a	5,70±0,472 ^{yAY}
SK3	5,10±0,198 ^a	5,08±0,509 ^a	4,81±0,556 ^a	4,68±0,587 ^a	4,92±0,418 ^x
S3	5,05±0,262 ^a	4,95±0,870 ^a	4,92±0,403 ^a	4,61±0,983 ^a	4,88±0,557 ^{xBY}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Geleneksel yöntemle üretilen ayranlar arasından en düşük sarılık değeri G1 kodlu örnekte, en yüksek sarılık değeri ise G2 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Süte su katarak üretilen ayran örnekleri kendi arasında mukayese edildiğinde en düşük sarılık değerinin S1 kodlu örnekte, en yüksek sarılık değerinin ise S2 kodlu örnekte saptanmıştır. Bu sonuçlardan hareketle pastörizasyondan önce ultrason uygulamasının sarılık değerini azalttığı, bu açıdan ürüne olumlu bir katkısı olduğu söylenebilir.

G1-S1, G2-S2, G3-S3 örnekleri kendi aralarında kıyaslandığında S örneklerinde (sütün sulandırılması ile elde edilen örneklerinde) daha yüksek b* (sarılık) değerleri elde edilmiştir. Bu da yöntem farklılığının sarılık değerlerini etkilediğini göstermektedir.

Depolama boyunca sarılık değerlerinde meydana gelen değişim tüm örnekler için önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Ektik ve Tavşanlı (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı aşamalarda US uygulanarak üretilen yoğurt örneklerinin b* değerinde depolama boyunca önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Bu hali ile çalışmadan elde edilen sonuçlar, araştırmacıların elde ettiği sonuçlarla uyum içindedir.

3.2.14 Ayran Örneklerinin *Streptococcus* spp. Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler

Yoğurt üretiminden sorumlu olan laktik asit bakterileri *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'tur. "Yoğurt starter kültürü" olarak da bilinen bu bakteriler arasında simbiyotik ilişki söz konusudur. *S. thermophilus* formik asit ile bazı peptitleri *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* için sağlamaktadır. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ise lösin, lisin, aspartik asit, metiyonin gibi serbest aminoasitleri *S. thermophilus* için üretmektedir. Ayrıca *Streptococcus* 'ların yoğurt üretiminde pH'yı düşürmede rol aldıkları bilinmektedir (Gezginç ve Akyol, 2010; Demirci ve Ocak, 2020). *S. thermophilus* 42 °C' lik optimum büyüme sıcaklığına sahip, çiftler veya kısa zincirler halinde oval hücrelerden oluşan, optimum büyüme sıcaklığına sahip termofilik bir bakteridir (Uriot vd., 2017).

Ayran örneklerinin depolama süresince *Streptococcus* spp. sayılarında meydana gelen değişimler Tablo 3.21'de verilmiştir.

Tablo 3.21. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca *Streptococcus* spp. sayılarında ($\log_{10}$ KOB/mL) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	9,01±0,156 ^a	9,04±0,035 ^a	9,10±0,035 ^a	9,10±0,191 ^a	9,06±0,103 ^x
G1	8,90±0,078 ^a	8,98±0,106 ^a	9,12±0,042 ^a	8,95±0,247 ^a	8,98±0,140 ^{xABX}
GK2	9,10±0,106 ^a	9,16±0,021 ^a	9,12±0,042 ^a	9,20±0,014 ^a	9,14±0,061 ^x
G2	9,07±0,085 ^a	9,04±0,064 ^a	9,05±0,057 ^a	9,03±0,007 ^a	9,05±0,049 ^{yAX}
GK3	9,04±0,035 ^a	9,01±0,000 ^a	9,11±0,049 ^a	9,14±0,113 ^a	9,07±0,074 ^x
G3	8,91±0,000 ^a	8,91±0,007 ^a	8,93±0,106 ^a	8,95±0,106 ^a	8,92±0,059 ^{yBX}
SK1	9,02±0,049 ^a	9,12±0,028 ^a	9,08±0,000 ^a	8,99±0,085 ^a	9,05±0,067 ^x
S1	8,89±0,007 ^a	8,95±0,064 ^a	8,83±0,156 ^a	9,03±0,007 ^a	8,92±0,100 ^{yAX}
SK2	9,04±0,106 ^a	9,08±0,191 ^a	9,05±0,106 ^a	9,04±0,035 ^a	9,05±0,094 ^x
S2	9,10±0,184 ^a	8,97±0,177 ^a	8,91±0,021 ^a	9,10±0,035 ^a	9,02±0,133 ^{xAX}
SK3	9,00±0,092 ^a	8,92±0,092 ^a	9,00±0,057 ^a	8,92±0,021 ^a	8,96±0,070 ^x
S3	9,13±0,205 ^a	8,96±0,099 ^a	8,99±0,035 ^a	8,88±0,113 ^a	8,99±0,135 ^{xAX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Kontrollerine göre kıyaslandığında (S3 hariç), ultrason uygulanan ayran örneklerinde nispeten düşük sayıda *Streptococcus* spp. sayısı elde edilmiştir. Fark G2, G3 ve S1 örneklerinde önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Delgado vd. (2020), farklı sürelerde US uygulanarak keçi sütünden elde edilen yoğurt örneklerinde depolamanın ilk gününde kontrol örneklerine göre daha düşük sayıda *Streptococcus* spp. sayısı tespit ederken ayrıca US uygulama süresi arttıkça *Streptococcus* spp. sayısının azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Erkaya vd. (2015) tarafından, farklı sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanan ayran örnekleri arasından özellikle 70 ve 80 °C’de US uygulanan örneklerde kontrol örneğine göre daha düşük sayıda *Streptococcus* spp. sayısı belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise, depolamanın 1. ve 10. gününde yapılan mikrobiyolojik analizlerde kontrol örneğine

göre, sadece US uygulanarak üretilen ayran örneklerinde tespit edilen *Streptococcus* spp. sayısı daha fazla bulunmuştur (Duman, 2019).

Üretim yöntemlerine bakıldığında geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri arasından en yüksek *Streptococcus* spp. sayısı (9,05 log₁₀ KOB/mL) G2 kodlu örnekte tespit edilmiştir (P<0,05). Süte su katarak üretilen ayran örneklerine farklı aşamalarda US uygulanması *Streptococcus* spp. sayısı açısından önemli bir fark yaratmamıştır (P>0,05).

Aynı numaralı kodları taşıyan ultrason uygulanan örneklerde *Streptococcus* spp. sayıları arasında fark bulunmamıştır (P>0,05). Bu sonuçtan hareketle üretim yöntemi farklılığının ayran örneklerindeki *Streptococcus* spp. sayılarında önemli bir etki oluşturmadığı sonucuna varılabilir.

Depolama boyunca *Streptococcus* spp. sayılarında tüm ayran örneklerindeki değişme önemli bulunmamıştır (P>0,05). Uzunoğlu (2012), US uygulanarak yağlı süttten üretilen tuzlu, kısa ömürlü ayran örneklerinde ve ısıt işlem uygulanan örnekte depolama boyunca *Streptococcus* spp. sayısında önemli bir değişim olmadığını rapor etmişlerdir. Yoğurt örnekleriyle yapılan başka bir çalışmada, 43°C’de 3 saatlik fermentasyon ve 4°C’de 24 saatlik depolama süresince *Streptococcus* spp. sayıları bakımından kontrol grubu ile ultrason grupları arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır (P>0,05) (Tavşanlı vd., 2024).

3.2.15 Ayran Örneklerinin *Lactobacillus* spp. Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler

Endüstriyel açıdan önemli laktik asit bakterilerinden biri olan *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Gram pozitif, asit toleranslı (pH 5,4-4,6), fakültatif anaerobik, hareketsiz, spor oluşturmeyen çubuk şeklinde bir bakteridir (Tufail vd., 2011). Laktik asit bakterilerinin yoğurt üretiminde temel rolü; laktozu laktik aside indirgeyerek asitliği arttırmak, ekzopolisakkarit (EPS) üreterek viskoz bir yapı sağlamak ve tipik yoğurt aromasına katkı sağlamaktır (Akan vd., 2021).

Çalışma kapsamında üretilen ayran örneklerinin depolama süresince *Lactobacillus* spp. sayılarında meydana gelen değişimler Tablo 3.22’de sunulmuştur.

Tablo 3.22. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca *Lactobacillus* spp. sayılarında ($\log_{10}$ KOB/mL) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	8,89±0,184 ^a	8,94±0,071 ^a	9,06±0,085 ^a	8,94±0,177 ^a	8,96±0,125 ^x
G1	8,82±0,212 ^a	8,89±0,035 ^a	8,95±0,014 ^a	8,82±0,262 ^a	8,87±0,141 ^{xAX}
GK2	9,05±0,042 ^{ab}	9,03±0,021 ^{ab}	9,02±0,028 ^b	9,12±0,035 ^a	9,05±0,047 ^x
G2	8,97±0,064 ^a	8,93±0,099 ^a	8,92±0,021 ^a	8,90±0,028 ^a	8,93±0,053 ^{yAX}
GK3	8,98±0,042 ^a	8,80±0,276 ^a	8,93±0,148 ^a	8,97±0,099 ^a	8,92±0,148 ^x
G3	8,00±0,990 ^a	7,98±0,163 ^a	8,01±0,049 ^a	8,10±0,339 ^a	8,02±0,404 ^{yBX}
SK1	8,97±0,085 ^a	8,97±0,014 ^a	8,95±0,028 ^a	8,92±0,212 ^a	8,95±0,090 ^x
S1	8,73±0,071 ^a	8,84±0,028 ^a	8,67±0,311 ^a	8,80±0,127 ^a	8,76±0,148 ^{yBX}
SK2	9,00±0,099 ^a	8,90±0,134 ^a	8,86±0,042 ^a	8,67±0,205 ^a	8,86±0,164 ^x
S2	8,98±0,106 ^a	8,88±0,021 ^a	8,87±0,092 ^a	8,91±0,163 ^a	8,91±0,094 ^{xAX}
SK3	8,87±0,141 ^a	8,66±0,000 ^a	8,86±0,021 ^a	8,42±0,304 ^a	8,70±0,234 ^x
S3	8,93±0,106 ^a	8,80±0,120 ^a	8,77±0,057 ^a	8,63±0,198 ^a	8,78±0,149 ^{xABY}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Her bir yöntem ve aşamaya ait G ve S örnekleri, kontrolleri ile kendi içinde değerlendirildiğinde; G1, G2, G3 ve S1 örneklerinin *Lactobacillus* spp. sayıları kontrollerine göre daha düşük çıkmıştır. S2 ve S3 örneklerinin *Lactobacillus* spp. sayıları kontrollerine göre daha yüksek ancak önemsiz ($P>0,05$) çıkmıştır. Delgado vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sürelerde US uygulanarak keçi sütünden üretilen yoğurt örneklerinde depolamanın ilk gününde US uygulanan örneklerde daha düşük sayıda *Lactobacillus* spp. tespit edilmiştir. Ultrason uygulama süresi arttıkça *Lactobacillus* spp. sayılarında azalma meydana gelmiştir. Başka bir çalışmada, depolamanın 10. gününde sadece US uygulanarak üretilen ayran örneklerinde kontrol örneğine göre daha az sayıda *Lactobacillus* spp. elde edilmiştir Duman (2019). Benzer olarak, ayran üretiminde kullanılan termosonikasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça *Lactobacillus* spp. sayılarının

azaldığını, 80 °C'de 5 dk. boyunca termosonikasyon işlemiyle *Lactobacillus* türlerinin tamamen inhibe edildiği saptanmıştır (Erkaya vd., 2015).

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri kendi arasında incelendiğinde en düşük *Lactobacillus* spp. sayıları G3 kodlu örnekte belirlenmiştir ($P<0,05$). Süte su katarak üretilen ayran örnekleri arasından ise en düşük *Lactobacillus* spp. sayıları S1 kodlu örnekten elde edilmiştir ($P<0,05$). Ultrason uygulanan örnekler arasından pastörizasyondan sonra US uygulaması yapılan örneklerde (G2 ve S2) en yüksek *Lactobacillus* spp. sayıları bulunmuştur. Bu sonuçtan hareketle, pastörizasyondan sonra US uygulamasının diğer uygulamalara göre *Lactobacillus* spp. sayısını daha az etkilediği söylenebilir. Ultrasonunun laktik asit bakterileri üzerindeki etkileri büyük ölçüde proses parametrelerine (örneğin genlik, zaman, sıcaklık ve frekansa) bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Peng vd., 2020).

Aynı numaralı kodları taşıyan örneklerden G3 ve S3 (sadece US uygulanan örnekler) arasındaki fark *Lactobacillus* spp. sayısı açısından önemli ($P<0,05$) bulunmuş, diğer örnekler arasındaki (G1-S1, G2-S2) fark önemsiz ($P>0,05$) çıkmıştır.

Depolama boyunca ayran örnekleri *Lactobacillus* spp. sayılarında meydana gelen değişme önemli değildir ($P>0,05$). Uzunoğlu (2012), US uygulanarak yağlı süttten üretilen tuzlu kısa ömürlü ayran örneklerinde ve sadece ısı işlem uygulanan ayran örneklerinde depolamanın 10. gününe kadar *Lactobacillus* spp. sayısında önemli bir değişme tespit etmemişlerdir. Depolamanın 10. gününden itibaren ise örneklerin *Lactobacillus* spp. sayısında azalma kaydetmişlerdir. Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanan ayran örneklerinde *Lactobacillus* spp. sayılarında 30 günlük depolama periyodu boyunca azalma tespit etmişlerdir. Yoğurt örnekleriyle yapılan farklı bir çalışmada 43 °C'de 3 saatlik fermentasyon ve 4 °C'de 24 saatlik depolama boyunca *Lactobacillus* spp. değeri bakımından kontrol grubu ile ultrason grupları arasında fark bulunmamıştır ($P>0,05$) (Tavşanlı vd., 2024).

3.2.16 Ayran Örneklerinin Maya-Küf Sayılarında Meydana Gelen Değişmeler

Maya ve küfler düşük pH düzeylerinde varlıklarını koruyabildikleri için yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinde gelişim gösterebilmektedir (Gürsel vd., 2004).

Çalışmada üretilen ayran örneklerinin maya-küf sayılarında depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 3.23'te sunulmuştur.

Tablo 3.23. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinde depolama boyunca maya-küf sayılarında ($\log_{10}$ KOB/mL) meydana gelen değişimler

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
GK1	0,00±0,000 ^b	0,00±0,000 ^b	1,74±2,454 ^{ab}	4,67±1,216 ^a	1,60±2,287 ^x
G1	0,00±0,000 ^b	0,00±0,000 ^b	2,95±0,891 ^{ab}	5,55±2,079 ^a	2,13±2,619 ^{xBX}
GK2	0,00±0,000 ^b	1,35±1,902 ^b	3,77±1,428 ^{ab}	5,65±1,414 ^a	2,69±2,552 ^x
G2	0,00±0,000 ^c	0,00±0,000 ^c	3,44±0,502 ^b	5,31±0,431 ^a	2,19±2,453 ^{xBX}
GK3	2,33±0,389 ^c	3,91±1,266 ^{bc}	6,06±1,075 ^{ab}	6,99±0,573 ^a	4,82±2,064 ^x
G3	4,03±0,219 ^c	4,73±0,346 ^b	6,55±0,212 ^a	6,65±0,113 ^a	5,49±1,232 ^{xAX}
SK1	1,36±1,916 ^a	2,44±3,451 ^a	5,61±1,068 ^a	6,39±0,552 ^a	3,95±2,737 ^x
S1	0,00±0,000 ^b	2,51±0,276 ^a	4,17±0,658 ^a	4,92±1,655 ^a	2,90±2,129 ^{xBX}
SK2	0,00±0,000 ^b	1,08±1,527 ^b	4,31±0,247 ^a	5,59±0,226 ^a	2,74±2,510 ^x
S2	0,00±0,000 ^b	2,15±3,033 ^{ab}	5,16±2,029 ^{ab}	6,21±1,089 ^a	3,38±2,993 ^{xBX}
SK3	0,00±0,000 ^b	0,00±0,000 ^b	2,78±0,014 ^a	3,87±0,919 ^a	1,66±1,857 ^x
S3	4,56±0,092 ^b	5,62±0,332 ^{ab}	6,25±0,587 ^a	6,18±0,750 ^a	5,65±0,819 ^{yAX}
a, b, c: Depolama günleri ortalamaları arasındaki farkı; x, y: her örneğin kendi kontrol ortalaması ile arasındaki farkı; A, B, C: her bir yöntemle ait ortalamalar arasındaki farkı; X, Y: yöntemlerin aynı numaraları taşıyan örnekler arasındaki farkı göstermektedir.					

Tablo 3.23 incelendiğinde, ultrason uygulanmış örneklerin her biri kendi kontrolü ile mukayese edildiğinde maya-küf sayısı bakımından G1, G3, S2 ve S3 örnekleri kontrolden yüksek; G2 ve S1 örnekleri ise kontrollerinden düşük sayıda maya-küf sayısına sahip olmuşlardır. Ancak bu sonuçlar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Ektik ve Tavşanlı (2021) yaptıkları bir çalışmada, starter kültür ilavesinden önce ultrason uygulanan yoğurt örneklerinin maya sayısında depolamanın sonunda (15. gün) kontrol örneğine kıyasla yaklaşık 1 log sayıda artış rapor etmişlerdir. En yüksek maya değerini ise starter ilavesinden sonra US uygulanan yoğurt örneklerinde depolamanın son gününde belirlemişlerdir.

Geleneksel yöntemle üretilen ayran örnekleri kendi arasında değerlendirildiğinde, en yüksek maya-küf sayısı G3 kodlu örnekte tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sütü sulandırarak üretilen ayran örnekleri birbiri ile kıyaslandığında en yüksek maya-küf sayısının S3 kodlu örneğe ait olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Her iki üretim yönteminde de en yüksek maya-küf sayısı sadece US uygulanarak üretilen ayranlardan elde edilmiştir. Ultrasonun tek başına bakteri sporlarının inaktivasyonunda yetersiz kaldığı, ısı veya ısı ve basınç gibi faktörlerle birleştirildiğinde mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonunu daha iyi sağlandığı yönünde araştırmalar mevcuttur (Lim vd., 2019). Özetle, pastörize uygulanmayan ve sadece US uygulanan örneklerde maya-küf yüksek çıkmıştır. Bir başka bulgu da en düşük maya-küf sayısı pastörizasyondan önce US uygulanan örneklerde (G1 ve S1) tespit edilmiştir. US uygulamasının pastörizasyondan önce yapılmasının, pastörizasyondan sonra yapılmasına kıyasla maya-küf gelişimi açısından daha olumlu etki yarattığı söylenebilir.

Aynı kod numaralarına sahip örnek ortalamaları kendi aralarında incelendiğinde maya-küf sayısı açısından örnekler arasında fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Bu sonuca göre aynı aşamalarda US uygulanan ayran örneklerinde üretim yönteminin değişmesinin maya-küf değerini etkilemediği yönünde bir yorum yapılabilir.

Genel olarak depolamanın 7. gününe kadar düşük sayıda maya-küf gözlemlenmiş, depolamanın sonunda ise (14. ve 21. gün) maya-küf sayısı artmıştır ($P<0,05$). Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklık (60, 70 ve 80 °C) ve sürelerde (1, 3 ve 5 dk.) termosonikasyon uygulanan ayran örneklerinde maya-küf sayısının depolamanın tüm günlerinde <1 log KOB mL⁻¹ olduğu belirlenmiştir.

3.2.17 Ayran Örneklerinin Renk ve Görünüş Özelliklerinde

Meydana Gelen Değişmeler

Duyusal analizlerde panelistlerden, ultrason uygulanmış her örneğin kendi kontrolü ile renk ve görünüş, yapı, tat ve koku özellikleri bakımından karşılaştırılması istenmiş ve tablolara sadece kontrol ile aynı diyen panelist sayılarının yüzdeleri (%) dahil edilmiştir.

Yoğurt ve sütün sulandırılması ile üretilen ve farklı aşamalarda US uygulanan (100 W, 20 dk.) ayran örneklerinin depolama süresince renk ve görünüş

özelliklerinde meydana gelen değişimler ve örneklerin genel ortalamaları arasındaki istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.24'te gösterilmiştir.

Tablo 3.24. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca renk ve görünüş bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%)

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
G1	62,50±17,678	62,50±17,678	50,00±35,355	75,00±35,355	62,50±23,146 ^a
G2	75,00±0,000	75,00±0,000	75,00±0,000	63,00±17,678	72,00±8,839 ^a
G3	75,00±0,000	62,50±17,678	75,00±0,000	50,00±0,000	65,63±12,939 ^a
S1	62,50±17,678	75,00±0,000	75,00±0,000	62,50±17,678	68,75±11,573 ^a
S2	87,50±17,678	62,50±17,678	50,00±0,000	62,50±53,033	65,63±26,517 ^a
S3	87,50±17,678	87,50±17,678	75,00±0,000	62,50±17,678	78,13±16,022 ^a
a, b, c: Sütündeki örnek ortalamaları arasındaki farkı göstermektedir.					

Tablo 3.24 incelendiğinde, renk ve görünüş bakımından tüm örnekler büyük oranda kontrolü ile benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Sonuç olarak, ultrason uygulamasının duyuşal açıdan renk ve görünüşü olumsuz yönde etkilemediği söylenebilir.

Renk ve görünüş parametresi için “kontrol ile aynı” olduğunu düşünmeyen panelistlerin çoğu “kontrolden iyi” şeklinde seçim yapmışlardır. Panelistler her iki yöntemle US uygulanarak üretilen ayran örneklerinin kontrole göre daha parlak, homojen ve beyaz renkte göründüğünü dile getirmişlerdir. Yapılan renk ölçümlerinde de US uygulanarak üretilen ayranlarda (G1, G2, G3 ve S1, S2, S3) kontrole göre daha yüksek L^* (parlaklık) değeri bulunmuştur. Duyuşal analiz sonuçlarımız bu bakımdan renk analiz sonuçları ile paralellik göstermektedir. Tavşanlı vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı aşamalarda US uygulanarak üretilen yoğurt örneklerinin, kontrole kıyasla daha beyaz renkli olduğundan yüksek renk puanı aldığı rapor edilmiştir. Benzer olarak, farklı sıcaklık ve sürelerde termosonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinin renk puanı ısıtıl işlem gören örneğe kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Erkaya vd., 2015).

3.2.18 Ayran Örneklerinin Yapı Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler

Ultrason uygulanan ayran örneklerinin yapı bakımından kontrol örnekleri ile benzerlik durumları ve genel ortalamalar arası istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.25'te gösterilmiştir.

Ultrason uygulanmış örneklerin yapı özelliklerinin kontrolleri ile benzerlik durumları incelendiğinde genel ortalamalar bakımından büyük oranda benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Sadece G1 ve S1 örneklerinin kontrolle benzerliği depolamanın 21. gününde düşmüştür. G1 ve S1 örneklerine pastörizasyondan önce ultrason uygulaması yapı özelliklerini depolamanın sonunda etkilemiştir denebilir. Depolamanın son gününde G1 ve S1 örneği için “kontrolden iyi” diyenlerin sayısı çoğunluktadır.

Tablo 3.25. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca yapı bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%)

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
G1	62,50±53,033	75,00±0,000	75,00±0,000	37,50±17,678	62,50±26,726 ^a
G2	75,00±0,000	88,00±17,678	62,50±17,678	75,00±0,000	75,13±13,363 ^a
G3	100,00±0,000	50,00±0,000	62,50±17,678	62,50±17,678	68,75±22,160 ^a
S1	37,50±17,678	75,00±35,355	62,50±17,678	37,50±17,678	53,13±24,776 ^a
S2	62,50±17,678	62,50±17,678	62,50±17,678	62,50±17,678	62,50±13,363 ^a
S3	62,50±17,678	87,50±17,678	50,00±35,355	75,00±0,000	68,75±22,160 ^a
a, b, c: Sütündeki örnek ortalamaları arasındaki farkı göstermektedir					

Duyusal analiz formlarına panelistler tarafından yazılan yorumlar incelendiğinde, G3 örneğinin kontrole kıyasla daha akışkan ve homojenize olduğu yönünde yorumlar mevcuttur. Geleneksel yöntemle US uygulanarak üretilen ayran örnekleri genel olarak kontrol örneğine göre pürüzsüz, daha homojen formda ve yoğun kıvamlı bulunmuştur. Kontrol örneklerinde ise bardak tabanında pıhtılı yapı gözlemlendiği, ancak ağızda bu pıhtılı yapının hissedilmediği belirtilmiştir. Sütü sulandırarak US ile üretilen ayran örnekleri için de kontrole kıyasla daha kıvamlı,

pürüzsüz ve homojen, bazı kontrol örneklerinde pıhtılı yapı görüldüğü şeklinde yorum yapılmıştır. Uzunoğlu (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, yağlı süttten yapılan tuzlu ayran örneklerinden biri olan %25 güçte 60 °C de 10 dk. ultrases işlemi uygulanan örnekte ısıt işlem uygulanan örneğe kıyasla daha az pıhtılı yapı görülmüştür. Benzer olarak başka bir çalışmada yağlı ve tuzlu kısa ömürlü ayran örneklerinde parçacıklı yapı en az %25 güç-60 °C-10 dk. ultrases uygulanan örnekte görülürken, en pıhtılı yapı 85 °C-30 dk. ısıt işlem uygulanan örnekte gözlenmiştir (Kurt, 2013). Ultrason uygulaması peynirlerde de yapıyı etkilemektedir. Peynir üretiminde US kullanımına ilişkin yapılan bir araştırmada ise ultrasonik banyoda tuzlanmış Mahon peynirlerinin geleneksel tuzlanmış peynir örneklerine göre daha sert yapıda olduğu belirtilmiştir (Sánchez vd., 2001b).

3.2.19 Ayran Örneklerinin Tat Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler

Ultrason uygulanmış ayran örneklerine ait tat özelliklerinin kontrolleri ile benzerlik oranları (%) ve genel ortalamalar arası istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.26'da sunulmuştur.

Tablo 3.26. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca tat bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%)

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
G1	75,00±35,355	62,50±17,678	50,00±0,000	37,50±17,678	56,25±22,160 ^a
G2	37,50±17,678	50,00±0,000	50,00±35,355	37,50±17,678	43,75±17,678 ^{ab}
G3	0,00±0,000	0,00±0,000	0,00±0,000	25,00±0,000	6,25±11,573 ^c
S1	25,00±0,000	37,50±17,678	75,00±0,000	62,50±17,678	50,00±23,146 ^{ab}
S2	25,00±35,355	25,00±0,000	37,50±17,678	37,50±53,033	31,25±25,578 ^b
S3	0,00±0,000	0,00±0,000	0,00±0,000	0,00±0,000	0,00±0,000 ^c

a, b, c: Sütündeki örnek ortalamaları arasındaki farkı göstermektedir.

Genel ortalamalar dikkate alındığında, ultrason uygulanmış örneklerin kendi kontrolleri ile tat benzerlik oranları farklı çıkmıştır ($P<0,05$). Kontrolü ile benzerlik oranı G3 ve S3 örneklerinde en düşük çıkmıştır. G3 örneğinin tadı

depolamanın 14. gününe kadar tüm panelistlerin tamamı tarafından “kontrole göre kötü” bulunmuştur. S3 örneğinin tadı ise depolamanın tüm günlerinde kontrol örneğinden daha kötü olduğu belirtilmiştir. Bilindiği üzere asetaldehit, aseton ve diasetil gibi bileşenler, arzu edilen tipik yoğurt yapısının tat ve aromasının oluşmasında rol almaktadır (Çiftçi ve Öncül, 2021). Tablo 3.15’e tekrar bakıldığında tek başına US uygulanan ayran örneklerinde (G3 ve S3) asetaldehit miktarı çok düşük çıkmıştır. Bu sonucu destekler şekilde panelistlerin bir kısmı US uygulanan ayran örneklerinde kontrol örneğindeki gibi “tipik ayran tadının” olmadığını belirtmişlerdir. Sadece G1 ve S1 örnekleri tat açısından %50 oranında kontrolüne benzer çıkmıştır. Tat bakımından ultrason uygulaması birinci sırada G1 örneğinde, ikinci sırada S1 örneğinde olumlu bulunmuştur denebilir. Kısaca pastörizasyondan önce US uygulamasının ayran örneklerinin tat karakterinde fazla olumsuz etki yaratmadığı söylenebilir.

Depolama boyunca meydana gelen değişme dikkate alınırsa, kontrole benzerlik oranı G1 örneğinde düşüş gösterirken, ilginç bir şekilde S1 örneğinde artış göstermiştir. Panelistlerin bir kısmı depolamanın son gününde G1 örneği için “kontrolden daha kötü” olduğunu ve ayranlarda ekşimsi bir tat olduğunu söylemişlerdir. Buradan şu söylenebilir ki, G1 örneği depolanın 14. gününe kadar tat bakımından tüketilebilir özellik taşımaktadır. S1 örneği depolamanın 1. ve 7. günlerinde tat bakımından “kontrolden kötü” bulunurken depolamanın 14 ve 21. günlerinde tat bakımından “kontrolle aynı” diyenlerin sayısı çoğunluktadır. Panelistlerin bazıları depolamanın son günlerinde US uygulanan ayran örneklerinde tipik bir şekilde yabancı tadın azaldığını, bu durumun her iki ayran örneğinin de ekşimesinden kaynaklanmış olabileceği yorumunda bulunmuşlardır.

Panelistler ultrason uygulanan örneklerdeki yabancı tat için “plastığimsi tat”, “metalik tat”, “ransit tat”, “bozulmuş peynir tadı” ya da “olgunlaştırılmış peynir” tadı gibi benzetmelerde bulunmuşlardır. Ultrasonikasyondan sonra süt örneklerinde oluşan tatsızlığı Chouliara vd. (2010), “yanmış” ve “yabancı” tat olarak tanımlamışlardır. Riener vd. (2009b) ise, ultrason uygulanmış örneklerdeki farklı tadı “lastığimsi” olarak değerlendirmişlerdir. Başka bir çalışmada US uygulanan örneklerde, “metalimsi” ve “yanık” tat olarak algılanan bir tat hissedilmiştir. Ayrıca depolamanın 10. gününden itibaren ayranlarda ekşilik tadının arttığını bildirmişlerdir (Uzunoglu, 2012).

Yabancı tadın nedeni, ultrason uygulaması esnasında kavitasyon kabarcıklarının çökmesiyle oluşan aşırı sıcaklık artışı ve kayma koşulları yağ oksidasyonunu destekleyebilen hidroksil ve hidrojen radikallerinin oluşumuna yol açmasıdır (Juliano vd., 2014). Ayran örneklerindeki depolama boyunca hissedilen tat değişikliğinin diğer nedeni de; sütün kendi yapısında var olan veya kontamine bakteriler tarafından üretilen lipazlar, buzdolabında raf ömrü boyunca uçucu madde oluşumuna katkıda bulunarak tat bozukluğuna neden olmaktadır (Lim vd., 2019).

3.2.20 Ayran Örneklerinin Koku Özelliklerinde Meydana Gelen

Değişmeler

Çalışma kapsamında ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinin depolama boyunca kontrollerine göre koku benzerlik oranları ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.27’de gösterilmiştir.

Tablo 3.27. Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı aşamalarda ultrason uygulanan ayran örneklerinin depolama boyunca koku bakımından kontrole göre benzerlik oranları (%)

Örnekler	Depolama zamanı (Gün) (n=2)				Örnekler arası fark (N=8)
	1	7	14	21	
G1	87,50±17,678	75,00±0,000	62,50±17,678	62,50±17,678	71,88±16,022 ^{bc}
G2	100,00±0,000	100,00±0,000	100,00±0,000	87,50±17,678	96,88±8,839 ^a
G3	12,50±17,678	0,00±0,000	0,00±0,000	12,50±17,678	6,25±11,573 ^d
S1	62,50±17,678	75,00±0,000	50,00±35,355	50,00±35,355	59,38±22,903 ^c
S2	87,50±17,678	87,50±17,678	62,50±17,678	75,00±0,000	78,13±16,022 ^b
S3	12,50±17,678	0,00±0,000	0,00±0,000	37,50±17,678	12,50±18,898 ^d
a, b, c: Sütündeki örnek ortalamaları arasındaki farkı göstermektedir					

Koku bakımından, örneklerin genel ortalamaları arasındaki fark önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Sadece ultrason uygulanmış G3 ve S3 örneklerinin kontrole benzerlik oranları çok düşük çıkmıştır. Sadece ultrason uygulanarak üretilen ayran örneklerinin (G3 ve S3) kokusu için panelistlerden çoğu “kontrolden daha kötü” olduğunu belirtmişlerdir. Tek başına ultrason uygulaması ayran örneklerinde istenmeyen kokuyu daha hissedilir hale getirmiştir. Diğer örneklerin koku bakımından kontrollerine benzerlik oranları yüksek çıkmıştır. Koku bakımından en

yüksek benzerlik oranı G2 örneğinden elde edilmiştir ($P<0,05$). Sonuç olarak ultrason uygulaması (G3 ve S3 hariç) koku özelliklerini olumsuz yönde etkilememiştir denebilir.

Panelistlerin çoğu ultrason uygulanan ayran örneklerindeki kokuyu “keskin”, “acımsı”, “yağimsı”, “peynirimsi”, “plastığimsi” olarak ifade etmiş; kontrol örneklerindeki “tipik ayran aroması” kokusunu alamamışlardır. Uzunoglu (2012), ultrason uygulanan ayran örneklerinde yabancı bir koku algılandığını, bu kokunun ısıtma işlemi gören ayran örneklerinde algılanmadığını bildirmişlerdir. Yoğurt örneklerinde yapılan bir çalışmada US yoğunluğunun artırılması örneklerde daha fazla istenmeyen tat uçucu maddelerinin (büyük karboksilik asitler, ketonlar) oluşumuna yol açmış ve düşük yoğunlukta US uygulanan örnekler daha yüksek koku puanı almıştır (Sfakianakis ve Tzia, 2013). Başka bir çalışmada, ultrasonik banyoda tuzlanmış peynirlerde geleneksel olarak tuzlanmış peynirlere göre daha yoğun koku hissedilmiştir (Sánchez vd., 2001b).

Duyusal analiz sonuçları kısaca her bir parametre (renk ve görünüş, yapı, tat ve koku) için değerlendirildiğinde renk ve görünüş bakımından kontrole en benzer örnek S3 kodlu örnektir. Pütürlülük, kıvam gibi özellikler yani yapı bakımından kontrol örneğine en çok benzeyen örnek G2 örneğidir. Tat açısından G1 ve S1 örnekleri kontrole yakın bir tatta bulunmuştur. Bu sonuca göre pastörizasyondan önce ultrason uygulamasının tat açısından olumsuz bir etki yaratmadığı sonucuna varılabilir. Özellikle G3 ve S3 kodlu örneklerin tadı olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Koku bakımından kontrol örneğine en benzer örnek G2 kodlu örnek bulunurken, G3 ve S3 kodlu örneklerin kokusu kötü bulunmuştur. Kısaca tat ve koku açısından ayran üretiminde tek başına ultrason uygulaması önerilmemekte, tat bakımından geleneksel yolla pastörizasyondan önce ultrason uygulanarak üretilen ayranların duyusal niteliği daha kabul edilebilir düzeyde olduğu düşünülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İlk aşama: Çalışmanın ilk aşamasında, ikinci aşama için ayran üretiminde kullanılacak olan ultrason (US) parametrelerini belirlemek amacıyla 3 farklı güç seviyesi (75 W, 100 W ve 125 W) ve her bir güç seviyesi için 4 farklı süre (5, 10, 20 ve 30 dk.) dikkate alınarak geleneksel yöntemle ayran örnekleri üretilmiştir. Ultrason uygulaması 20 °C’de yapılmıştır. Farkı daha iyi ortaya koymak amacıyla bu aşamada ultrason uygulanan ayran örneklerinin sütleri pastörize edilmemiştir. Bu aşama sonucunda 100 W ultrason gücü ve 20 dk. uygulama süresi ayran üretimi için ideal parametreler olarak belirlenmiştir.

İkinci aşama: Birinci aşamada elde edilen 100 W ultrason gücü ve 20 dk. uygulama süresi kullanılarak farklı yöntemlerle [geleneksel yöntemle yoğurdu sulandırarak (G) ve süte su katarak (S)] ayran üretilmiş; ayran örneklerine pastörizasyondan önce, pastörizasyondan sonra ve tek başına ultrason uygulaması yapılmıştır. Üretilen ayranlar +4 °C’de 21 gün depolanmış ve depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde bazı kalite özellikleri analiz edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

1. Pastörizasyondan önce ultrason uygulaması kontrol örneğine göre asitlik değerini artırmıştır.
2. Suda çözünür azot (WSN) bakımından pastörizasyondan sonra yapılan (G2 ve S2 örneklerinde) US uygulamasında daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu sonuç ayran tadının bozulmaması bakımından önemlidir. Tek başına US uygulanan ayran örneklerinde WSN değerleri aşırı artmıştır.
3. Pastörizasyonu takiben yapılan US uygulamasından sonra ayranlarda (G2 ve S2 örneklerinde) daha düşük lipoliz değerleri elde edilmiştir. Tadın aşırı değişmemesi bakımından bu önemli bir sonuçtur. Zira ayran örneklerine tek başına yapılan US uygulaması lipoliz değerlerini oldukça artırmıştır. Yine sütün sulandırarak ayrana işlenmesi lipoliz değerinde artışa neden olmuştur.
4. G3 ve S3 ayran örneklerine tek başına uygulanan ultrasonun, asetaldehit oluşumunu oldukça yavaşlattığı dikkati çekmiştir. Bu durum çalışmanın önemli sonuçlarından birini oluşturmaktadır.

5. En düşük serum ayrılması değerleri geleneksel yöntemle üretilen ve pastörizasyondan sonra (G2) US uygulanan ayran örneklerinden elde edilmiştir.
6. En yüksek viskozite değeri ise süte su katarak ve pastörizasyondan sonra US uygulanan S2 ayran örneğinden elde edilmiştir. Ayran örneklerinde tek başına US uygulaması viskozite değerini düşürmüştür.
7. Ayran örneklerinde parlaklık (**L***) değerini US uygulaması artırmıştır. En yüksek L* değeri pastörizasyondan sonraki US uygulamasından (G2 ve S2) elde edilmiştir. Ultrason uygulaması ayran örneklerinde yeşilliği (**-a***) düşürmüştür. G1 ve G2 kodlu ayran örneklerinin yeşillik değerleri S1 ve S2'ye göre daha düşük çıkmıştır. Benzer şekilde G1 kodlu örnek hariç, US uygulaması örneklerin sarılık (**b***) değerlerini düşürmüştür. S1, S2 ve S3 kodlu ayran örneklerine kıyasla, G1, G2 ve G3 kodu taşıyan örneklerde daha düşük b* (sarılık) değerleri elde edilmiştir.
8. Tek başına US uygulanan tüm ayran örneklerinde maya-küf sayıları aşırı şekilde artmıştır.
9. Duyusal bakımdan; ultrason uygulaması ayran örneklerinin **renk ve görünüşünü** olumsuz etkilememiştir. **Yapı** bakımından G1 ve S1 kodlu ayran örneklerinde benzerlik oranları düşmüştür. **Tat** bakımından; en iyi sonuçlar pastörizasyondan önceki (G1 ve S1) US uygulamasından elde edilmiştir. Kontrolle benzerlik oranı G1 örneğinde 14. güne kadar devam etmiş, sonra düşmüştür. Tat bakımından geleneksel yöntem ve 14 günlük raf ömrü uygun bulunmuştur. Tek başına US uygulaması tadı aşırı olumsuz etkilemiştir. En yüksek **koku** benzerliği geleneksel üretimde ve pastörizasyondan sonra (G2) US uygulamasından elde edilmiştir.

Sonuç olarak;

Çalışmanın birinci aşaması sonucunda, özellikle serum ayrılması, viskozite, L* (parlaklık) değerleri ve uygulama süresi dikkate alındığında en uygun US güç ve süre kombinasyonunun 100 W 20 dk. olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışmanın ikinci aşaması sonucunda ise;

- Serum ayrılması, -a* (yeşillik) değeri, b* (sarılık) değeri, tat ve koku bakımından geleneksel yöntemle ayran üretiminin uygun olduğu,

- Viskozite değeri bakımından süte su katarak ayran üretim yönteminden olumlu sonuçlar alındığı,
- Serum ayrılması, suda çözünen azot, lipoliz, viskozite, L* (parlaklık) ve koku özellikleri bakımından ultrasonun pastörizasyondan sonra yapılmasının uygun olduğu,
- Ayrıca ayran örneklerine tek başına US uygulaması WSN, lipoliz, asetaldehit, viskozite, maya-küf, tat ve koku değerlerini aşırı olumsuz etkilediğinden ultrasonun tek başına kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Genel bir kanaat ortaya koymak bakımından, ayran üretiminde ultrason uygulamasının geleneksel olarak yoğurdu sulandırma yöntemiyle yapılması ve bu yöntemle ayran üretirken ultrason uygulamasının sütün pastörizasyonundan sonra yapılması olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak, ayran üretiminde tek başına US uygulaması uygun bulunmamıştır.

Ayran üretimi ve kalitesi açısından ultrason teknolojisi kullanımı konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Zira çalışmada kullanılan cihazın, kesikli çalışıyor olması ve örnek hacimlerinin cihazın kapasitesine göre belirlenmiş olması elde edilen sonuçları genelleştirmeyi kısıtlamaktadır. Bu bakımından endüstriyel boyutta sürekli akış sistemi kullanılarak uygulanan ultrason tekniği üzerinde de çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA 7 atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Abdulstar, A. R., Altemimi, A. B., & Al-Hilphy, A. R. (2023). Exploring the power of thermosonication: a comprehensive review of its applications and impact in the food industry. *Foods*, 12(7), 1459.
- Abesinghe, A. M. N. L., Islam, N., Vidanarachchi, J. K., Prakash, S., Silva, K. F. S. T., & Karim, M. A. (2019). Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 90, 1-14.
- Abinaya, S., Panghal, A., Kumar, N., Kumari, A., Gehlot, R., Kumar, S., & Chhikara, N. (2024). Advances in Ultrasound in Food Industry. *Nonthermal Food Engineering Operations*, 55-113.
- Acar, L., & Keskin, S. Ö. (2021). Kızılötesi, mikrodalga, ultrases teknolojileri ve kombinasyonları kullanılarak modifiye edilmiş doğal biyopolimerlerin çeşitli özellikleri üzerine bir derleme. *Gıda*, 46(4), 785-802.
- Ahmed, M. R., Yasmin, J., Lee, W. H., Mo, C., & Cho, B. K. (2017). Imaging technologies for nondestructive measurement of internal properties of agricultural products: A review. *Journal of Biosystems Engineering*, 42(3), 199-216.
- Akan, E., Yerlikaya, O., Saygılı, D., & Kınık, Ö. (2021). Farklı starter kültür kullanımının yoğurtların tekstürel ve viskozite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3), 377-383.
- Akdeniz V., & Akalın A. S. (2017). Ultrason uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 42(6), 743-753.
- Akdeniz, V. (2023). Ultrason uygulamasının yoğurt benzeri fermente süt ürününde farklı probiyotik laktobasil türlerinin canlılığı üzerine etkisi. *Gıda*, 48(1), 107-117.
- Akdeniz, V., & Akalın, A. S. (2019). New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 392-398.
- Akdeniz, V., & Akalın, A. S. (2023). Power ultrasound affects physicochemical, rheological and sensory characteristics of probiotic yoghurts. *International Dairy Journal*, 137, 105530.
- Akdeniz, V., Öcal, G. K., Armağan, G., & Akalın, A. S. (2024). High-energy ultrasound improves culture activity, polyunsaturated fatty acids and in-vitro protein digestibility in probiotic yogurt. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103573.
- Akhi, A., Ahmed, T., Ara, R., & Rana, M. R. (2024). Response surface optimization of thermosonication conditions and taro mucilage concentrations for the preparation of soy yogurt. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100918.
- Akkaya, L., Kara, R., Müdüroğlu, R., & Sağdıç, O. (2015). Survival of *Listeria monocytogenes* in Ayran, a traditional Turkish fermented drink.
- Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M., & Garcia-Galicia, I. A. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 55, 369-382.
- Almanza-Rubio, J. L., Gutiérrez-Méndez, N., Leal-Ramos, M. Y., Sepulveda, D., & Salmeron, I. (2016). Modification of the textural and rheological properties of cream cheese using thermosonicated milk. *Journal of Food Engineering*, 168, 223-230.

- Almeida, B., Valli, E., Bendini, A., & Gallina Toschi, T. (2017). Semi-industrial ultrasound-assisted virgin olive oil extraction: Impact on quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(1), 1600230.
- Alshehhi, M., Wu, G., Kangsadan, T., Chew, K. W., & Show, P. L. (2023). Ultrasound-Assisted Food Processing: A Mini Review of Mechanisms, Applications, and Challenges. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 428, p. 02011). EDP Sciences.
- Altaf, U., Rouf, A., Kanojia, V., Ayaz, Q., & Zargar, I. (2018). Ultrasound treatment: A novel processing technique for food preservation. *Pharma Innov. J*, 7, 234-241.
- Altaş, A. (2017). Ülke tanıtım çalışmaları kapsamında kullanılan gastronomik öğeler: "Home of Turkey" kampanyası afişleri üzerine bir araştırma.
- Altay, F. (2017). Rheology and Functionality of Ayran—A Yogurt Drink. *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 295-305.
- Anonim, (2022a). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri (2022) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm>. adresinden 1 Temmuz 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anonim, (2022b). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri (2022) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5-1.pdf> adresinden 25 Aralık 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anonim, (2024a). Türk Dil Kurumu (2024) <https://sozluk.gov.tr/>. adresinden 1 Temmuz 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anonim, (2024b). T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, E- Kitap (2024). Available from: <https://ekitap.ktb.gov.tr/> adresinden 1 Temmuz 2024 tarihinde alınmıştır.
- Asghar, F., Ali, S., Goraya, A., Javaid, I., & Hussain, Z. (2017). A review on the role of fermented foods as health promoters. *Int J Sci Res Sci Technol*, 3, 141-148.
- Aslım, B., Beyatlı, Y., & Halkman, K. (2000). The Inhibition effect of Yoghurt Starter Culture Metabolites. *Turkish Journal of Biology*, 24(1), 65-78.
- Astráin-Redín, L., Raso, J., Condón, S., Cebrián, G., & Álvarez, I. (2019). Application of high-power ultrasound in the food industry. In *Sonochemical reactions*. IntechOpen.
- Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım, G., Odabaşı, S., ... & Kırdar, S. (1999). Dayanımlı Ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Gıda*, 24(2).
- Aydın, Ö. Ş., Birlik, P. M., & Şahan, Y. (2023). Soğuk Plazma Uygulamasının Gıda Bileşenleri Üzerine Etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 477-498.
- Bahri, S. M. H., & Kenari, R. (2018). The effects of ultrasound waves on yield, texture and some qualitative characteristics of cheese. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(3), 41-51.
- Balthazar, C. F., Santillo, A., Guimarães, J. T., Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Caroprese, M., ... & Albenzio, M. (2019). Ultrasound processing of fresh and frozen semi-skimmed sheep milk and its effects on microbiological and physical-chemical quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 51, 241-248.
- Baruzzi, F., Quintieri, L., Caputo, L., Cocconcelli, P., Borcakli, M., Owczarek, L., ... & Morea, M. (2016). Improvement of Ayran quality by the selection of autochthonous microbial cultures. *Food microbiology*, 60, 92-103.
- Başlar, M., Kılıçlı, M., Toker, O. S., Sağdıç, O., & Arici, M. (2014). Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 182-190.

- Bayraktaroğlu, G., Obuz, E., & Muradiye, M. (2008). Farklı Yağ Oranlarındaki Ayrarların Kalite ve Reolojik Özellikleri. *Gıda Kongresi*, 21-23.
- Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2010). Power ultrasound to process dairy products. In *Ultrasound technologies for food and bioprocessing* (pp. 445-465). New York, NY: Springer New York.
- Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Versteeg, K., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermo-sonication treatments. *Journal of Food Quality*, 32(3), 283-302.
- Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2010). Processing of soft Hispanic cheese (“Queso Fresco”) using thermo-sonicated milk: A study of physicochemical characteristics and storage life. *Journal of food science*, 75(9), S548-S558.
- Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., & Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 70, 105293.
- Biberoğlu, Ö. (2012). Geleneksel Olarak Üretilen Yoğurtlardan Mayaların İzolasyonu ve İdentifikasyonu. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bölükbaşı, B. (2007). Trakya Bölgesinde Farklı Köylerden Alınan Yoğurtlardan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Bunların Eps (Ekzopolisakkarit) Üretim Kabiliyetlerinin Belirlenmesi ve Bu Bakteriler Kullanılarak Ayrar Üretimine Uygun Kombinasyonlarının Seçilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bütikofer U, Rüegg M, Ardö Y (1993). “Determination of nitrogen fractions in cheese evaluation of a collaborative study” *LWT-Food Science and Technology*, 26 (3), 271-275.
- Buttriss, J. (1997). Nutritional properties of fermented milk products. *International Journal of Dairy Technology*, 50(1), 21-27.
- Cameron, M., McMaster, L. D., & Britz, T. J. (2009). Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Science and Technology*, 89(1), 83-98.
- Carrillo-Lopez, L. M., Garcia-Galicia, I. A., Tirado-Gallegos, J. M., Sanchez-Vega, R., Huerta-Jimenez, M., Ashokkumar, M., & Alarcon-Rojo, A. D. (2021). Recent advances in the application of ultrasound in dairy products: Effect on functional, physical, chemical, microbiological and sensory properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105467.
- Case RA, Bradley RL, Williams R.R (1985). Chemical and physical methods. *Standart Methods For The Examination of Dairy Products*, 15. Baskı, American Public Health Association, Washington D.C.
- Chandan, R. C. (2014). Dairy-fermented products. *Food processing: principles and applications*, 405-436.
- Chandrapala, J., & Leong, T. (2015). Ultrasonic processing for dairy applications: Recent advances. *Food Engineering Reviews*, 7, 143-158.
- Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S., & Ashokkumar, M. (2012). Ultrasonics in food processing. *Ultrasonics sonochemistry*, 19(5), 975-983.
- Chavan, P., Sharma, P., Sharma, S. R., Mittal, T. C., & Jaiswal, A. K. (2022). Application of high-intensity ultrasound to improve food processing efficiency: A review. *Foods*, 11(1), 122.
- Chemat, A., Song, M., Li, Y., & Fabiano-Tixier, A. S. (2023). Shade of innovative food processing techniques: potential inducing factors of lipid oxidation. *Molecules*, 28(24), 8138.
- Chouliara, E., Georgogianni, K. G., Kanellopoulou, N., & Kontominas, M. G. (2010). Effect of ultrasonication on microbiological, chemical and sensory properties of raw, thermized and pasteurized milk. *International Dairy Journal*, 20(5), 307-313.

- Coşkun, H. (2024). Otlı Peynir (2. Baskı). Bolu, Türkiye: Astana Yayınları.
- Çiftçi, M., & Öncül, N. (2021). Süt Ürünlerinde Starter Kültür Kullanımı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 10(3), 62-76.
- Çimen, N. (2022). Bazı Meyve Suları ile Marine Edilmiş Tavuk Göğüs Etlerinin Fizikokimyasal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Ultrasonik Dalgaların Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dağbaşı, S. (2024). Ultrases İşleminin Enzim Aktivasyonu Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 22(2), 158-166.
- Dangal, A., Timsina, P., Dahal, S., Rai, K., & Giuffrè, A. M. (2024). Advances in Non-thermal Food Processing Methods-Principle Advantages and Limitations for the Establishment of Minimal Food Quality as well as Safety Issues: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 20(7), 836-849.
- Darwish, A. A., El-Sayed, M. I., & Salama, W. M. (2024). Physicochemical, texture, microstructure, and antioxidant characteristics of karish cheese made from ultrasonic-treated skimmed buffalo milk. *International Dairy Journal*, 152, 105878.
- Dedebaş, T., Capar, T. D., Ekici, L., & Yalçın, H. (2021). Yağlı Tohumlarda Ultrasonik-Destekli Ekstraksiyon Yöntemi ve Avantajları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 313-322.
- Delgado, K., Vieira, C., Dammak, I., Frasso, B., Brígida, A., Costa, M., & Conte-Junior, C. (2020). Different ultrasound exposure times influence the physicochemical and microbial quality properties in probiotic goat milk yogurt. *Molecules*, 25(20), 4638.
- Demirci, A., & Ocak, E. (2020). Sağlıklı ve Kaliteli Yoğurt Nasıl Mayalanır? *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*, 2(1), 14-22.
- Demirgöl, F., & Sağdıç, O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (13), 45-53.
- Devore, J., Peck, R. (1993). *Statistics: The exploration and analysis of data*, Duxbury Press, An imprint of Wadsworth Publishing Company, Belmont/California/USA.
- Dhahir, N., Feugang, J., Witrick, K., Park, S., & Abughazaleh, A. (2019). Impact of ultrasound processing on some milk-borne microorganisms and the components of camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 3, 18.
- Dikme, T. G. (2024). Sağlıklı Beslenme Ürünlerinde Gıda Teknolojisi. *Sağlık & Bilim 2023: Yeni Nesil Teknolojiler*, 27.
- Doğanay, G., & Baltacıoğlu H. (2022). Meyve Suyu İşlemede Ultrason Yönteminin Kalite Üzerine Etkileri. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*, 3(2), 178-194.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., & Stasiak, D. (2007). Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 88-99.
- Duman, Ü.S. (2019). Ayranın Fizikokimyasal ve Reolojik Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enzimi ile Ultrasonikasyon İşleminin Birlikte Kullanımının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Duran, A., & Eraslan, E. C. (2023). *Ultrasound Applications In Food Technology. Current Research in Engineering*, 197.
- Düven, G., Kumcuoğlu, S., & Kışla, D. (2021). Ultrasonication-assisted kefir production and its effect on fermentation time and EPS production. *Food Bioscience*, 42, 101059.
- Ektik, N., & Tavşanlı, H. (2021). Yoğurt üretiminin farklı aşamalarında ultrason uygulamasının yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Izmir Democracy University Health Sciences Journal*, 4(1), 94-104.

- Elgün, F. M. (2019). Buğdayı Islatma ve Pişirme Aşamalarında Kullanılan Ultrason Uygulamasının Bulgur Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erdoğan S., Güneşer O. (2023). Ultrases uygulamasının süt bileşenleri üzerine etkisi. Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1), 40-58.
- Erkaya, T., Başlar, M., Şengül, M., & Ertugay, M. F. (2015). Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. Ultrasonics Sonochemistry, 23, 406-412.
- Ertugay, M. F., Baslar, M., Sengul, M., & Sallan, S. (2012). The effect of acoustic energy on viscosity and serum separation of traditional Ayran, a Turkish Yoghurt Drink. Gıda, 37(5), 253-7.
- Eşmeli, K. (2024). Ultrases Dalgasının Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme İşlemlerinde Uygulamaları. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 36(1), 11-24.
- Esmer, H. E., Kaymak, G., Tartar, Ş., & Kayhan, F. E. (2016). Su arıtımında ultrases uygulaması: arıtma yöntemlerine farklı bir yaklaşım. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1), 84-110.
- Flores-Jiménez, N. T., Ulloa, J. A., Silvas, J. E. U., Ramírez, J. C. R., Ulloa, P. R., Rosales, P. U. B., ... & Leyva, R. G. (2019). Effect of high-intensity ultrasound on the compositional, physicochemical, biochemical, functional and structural properties of canola (*Brassica napus* L.) protein isolate. Food Research International, 121, 947-956.
- Galanakis, C. M. (2024). The future of food. Foods, 13(4), 506.
- Ganidağlı, E., & Güzel, R. (2013). Terapötik Ultrason ve Diz Osteoartritinde Etkinliği. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 22(2), 170-183.
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. Journal of Functional Foods, 72, 104059.
- Gezginç, Y., & Akyol, İ. (2010). Geleneksel Yoğurtlardan İzole Edilen *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*' ların Tanımlanması. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 13(2), 23-29.
- Gholamhosseinpour, A., Hashemi, S. M. B., Safari, F., & Kerboua, K. (2024). Impact of ultrasonicated *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactiplantibacillus plantarum* AF1 on the safety and bioactive properties of stirred yoghurt during storage. Ultrasonics Sonochemistry, 102, 106726.
- Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Scudino, H., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., Ashokkumar, M., ... & Cruz, A. G. (2019). High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. Ultrasonics Sonochemistry, 57, 12-21.
- Gürsel, A., Şenel, E., & Yaman, Ş. (2004). Yoğurtta maya ve küf gelişimine karşı biyokoruyucu kültür kullanımı. Gıda, 29(4).
- Gursoy, O., Yilmaz, Y., Gokce, O., & Ertan, K. (2016). Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk. Emirates Journal of Food and Agriculture, 235-241.
- Güven, E., & Yıldız, H. (2016). Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin sanayi uygulamaları-2. Gıda, 41(4), 243-250.

- Güzeler, N., & Esmek, E. M. (2014). Kefir kültürü kullanılarak üretilen peynir altı sulu içeceğin bazı özellikleri ve depolama süresinin etkisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(2), 29-42.
- Hati, S., Mandal, S., & Prajapati, J. B. (2013). Novel starters for value added fermented dairy products. Current Research in Nutrition and Food Science Journal, 1(1), 83-91.
- Herceg, Z., Režek Jambrak, A., Lelas, V., & Mededovic Thagard, S. (2012). The effect of high intensity ultrasound treatment on the amount of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in milk. Food Technology and Biotechnology, 50(1), 46-52.
- Herdem, A. (2006). Farklı Yörelere Toplanan Geleneksel Yöntemle Üretilen Yoğurt Örneklerinin Bazı Niteliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Huerta-Jimenez, M., Herrera-Gomez, B., Dominguez-Ayala, E. A., Chavez-Martinez, A., Juarez-Moya, J., Felix-Portillo, M., ... & Carrillo-Lopez, L. M. (2022). Properties of Oaxaca Cheese Elaborated with Ultrasound-Treated Raw Milk: Physicochemical and Microbiological Parameters. Foods, 11(12), 1735.
- Iqdiam, B. M., Mostafa, H., Goodrich-Schneider, R., Baker, G. L., Welt, B., & Marshall, M. R. (2018). High power ultrasound: Impact on olive paste temperature, malaxation time, extraction efficiency, and characteristics of extra virgin olive oil. Food and bioprocess technology, 11, 634-644.
- Irkin, R. (2019). Natural fermented beverages. In Natural Beverages (pp. 399-425). Academic Press.
- Jadhav, H. B., Das, M., Das, A., Geetha, V., Choudhary, P., Annapure, U., & Alaskar, K. (2024). Enhancing the functionality of plant-based proteins with the application of ultrasound—A Review. Measurement: Food, 100139.
- Jalilzadeh, A., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., & Javidipour, I. (2018). The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. Journal of Dairy Science, 101(7), 5809-5820.
- Jang, J. H., & Moon, K. D. (2011). Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. Food chemistry, 124(2), 444-449.
- Juliano, P., Torkamani, A. E., Leong, T., Kolb, V., Watkins, P., Ajlouni, S., & Singh, T. K. (2014). Lipid oxidation volatiles absent in milk after selected ultrasound processing. Ultrasonics sonochemistry, 21(6), 2165-2175.
- Kabak, B., & Dobson, A. D. (2011). An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. Critical reviews in food science and nutrition, 51(3), 248-260.
- Kahriman, M., & Baş, M. (2024). Reliability and validity of the food technology Neophobia scale in a Turkish sample. International Journal of Food Science & Technology.
- Kaledina, M. V., Popenko, V. P., Shevchenko, N. P., & Chuev, S. A. (2021). Kefir and ayran—traditional fermented products of Russia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 845, No. 1, p. 012109). IOP Publishing.
- Karacaoğlu, Ş., & Özdemir, S. (2021). Mahalli ve ulusal düzeyde üretilerek erzurum piyasasında tüketime sunulan yoğurtların bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal açısından karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (22), 381-392.
- Karami, M. (2017). RETRACTED: Enhancing the lipolysis of feta-type cheese made from ultrafiltered cow's milk.

- Kashaninejad, M., & Razavi, S. M. A. (2020). Influence of thermosonication treatment on the average size of fat globules, emulsion stability, rheological properties and color of camel milk cream. *LWT*, 132, 109852.
- Kasım, M. U., & Kasım, R. (2021). Ultrases teknolojiisi: Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kullanımı. 3rd International Cukurova Agriculture and Veterinary Congress, 9-10 October 2021, Adana, Turkey.
- Kaveh, S., Gholamhosseinpour, A., Hashemi, S. M. B., Jafarpour, D., Castagnini, J. M., Phimolsiripol, Y., & Barba, F. J. (2023). Recent advances in ultrasound application in fermented and non-fermented dairy products: Antibacterial and bioactive properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(7), 3591-3607.
- Kenari, R. E., & Razavi, R. (2021). Effect of sonication conditions: Time, temperature and amplitude on physicochemical, textural and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 74(2), 332-343.
- Keskin, M., Setlek, P., & Demir, S. (2017). Use of color measurement systems in food science and agriculture. In *International advanced researches & engineering congress* (pp. 16-18).
- Khanal, S. N., Anand, S., Muthukumarappan, K., & Huegli, M. (2014). Inactivation of thermotolerant aerobic sporeformers in milk by ultrasonication. *Food control*, 37, 232-239.
- Khouryieh, Hanna A. "Novel and emerging technologies used by the US food processing industry." *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 67 (2021): 102559.
- Kilic-Akyilmaz, M., Kurt, C., Uzunoglu, T. P., Turkmen, F., Gunes, G., & Erem, E. (2023). Comparison of high intensity ultrasound and heat treatment for extending shelf life of a fermented milk beverage. *International Dairy Journal*, 141, 105617.
- Kılıç, K. (2020). Yüksek Yoğunluklu Odaklanmış Ultrason (HIFU) Dalgalarının Dana Karaciğeri Üzerinde Oluşturduğu Termal Ablasyonun Görüntü İşleme Teknikleri ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Koçak, C., & Avsar, Y. K. (4). Ayran: microbiology and technology. *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*, (2009), 123.
- Koçak, C., Aydınoglu, G., & Uslu, K. (1997). Ankara piyasasında satılan Dil peynirlerinin proteoliz düzeyi üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 22(4).
- Koksoy, A., & Kilic, M. (2004). Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food hydrocolloids*, 18(4), 593-600.
- Konuspayeva, G., Baubekova, A., Akhmetsadykova, S., & Faye, B. (2023). Traditional dairy fermented products in Central Asia. *International Dairy Journal*, 137, 105514.
- Korkmaz, F., & Mutlu, C. (2024). Ketencik Proteinlerinin Bazı Tekno-Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Ultrasonikasyon Uygulamasının Etkisi. *Akademik Gıda*, 22(1), 59-66.
- Koutinas, A. A. (2017). Fermented dairy products. In *Current developments in biotechnology and bioengineering* (pp. 3-24). Elsevier.
- Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A (1996). Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları rehberi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 257, Erzurum.
- Kurt, Ç. (2013). Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Fermente Süt İçeceğinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutlu, N., Pandiselvam, R., Kamiloglu, A., Saka, I., Sruthi, N. U., Kothakota, A., ... & Maerescu, C. M. (2022). Impact of ultrasonication applications on color profile of foods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106109.

- Lim, S. Y., Benner, L. C., & Clark, S. (2019). Neither thermosonication nor cold sonication is better than pasteurization for milk shelf life. *Journal of dairy science*, 102(5), 3965-3977.
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., & Munro, P. A. (1999). Stability of model acid milk beverage: effect of pectin concentration, storage temperature and milk heat treatment. *Journal of texture studies*, 30(3), 305-318.
- Masuzawa, N., & Ohdaira, E. (2002). Attempts to shorten the time of lactic fermentation by ultrasonic irradiation. *Japanese journal of applied physics*, 41(5S), 3277.
- Metin, M. (1977). Süt ve mamullerinde kalite kontrolü. Ankara Ticaret Borsası Yayınları No:1, Ankara.
- Mozafarpour, R., Koocheki, A., & Nicolai, T. (2022). Modification of grass pea protein isolate (*Lathyrus sativus* L.) using high intensity ultrasound treatment: Structure and functional properties. *Food Research International*, 158, 111520.
- Narale, B. A., Mounika, A., & Shanmugam, A. (2024). Modifications of physicochemical, functional, structural, and nutritional properties of a field bean protein isolate obtained using batch and continuous ultrasound systems. *Sustainable Food Technology*, 2(2), 470-484.
- Nguyen, N. H., & Anema, S. G. (2017). Ultrasonication of reconstituted whole milk and its effect on acid gelation. *Food Chemistry*, 217, 593-601.
- Ojha, K. S., Mason, T. J., O'Donnell, C. P., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2017). Ultrasound technology for food fermentation applications. *Ultrasonics sonochemistry*, 34, 410-417.
- Otyzbay, Z. (2019). Ayran sözcüğünün etimolojisi, anlamı ve Türk kültüründeki yeri. *Türk Dünyası Araştırmaları*, 123(242), 219-232.
- Ozdemir, U., & Kilic, M. (2004). Influence of fermentation conditions on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal of texture studies*, 35(4).
- Ozuna, C., Paniagua-Martínez, I., Castaño-Tostado, E., Ozimek, L., & Amaya-Llano, S. L. (2015). Innovative applications of high-intensity ultrasound in the development of functional food ingredients: Production of protein hydrolysates and bioactive peptides. *Food Research International*, 77, 685-696.
- Pacheco, F. C., de Fátima Teixeira, E., Pacheco, A. F. C., Paiva, P. H. C., Tribst, A. A. L., & Júnior, B. R. D. C. L. (2023). Impact of ultrasound-assisted fermentation on buffalo yogurt production: Effect on fermentation kinetic and on physicochemical, rheological, and structural characteristics. *Applied Food Research*, 3(2), 100338.
- Patır, B., Öksüztepe, G., Şeker, P., & Dikici, A. (2006). Elazığ'da tüketime sunulan açık ayranlar ile orijinal ambalajlı ayranların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 20(5), 357-363.
- Peng, K., Koubaa, M., Bals, O., & Vorobiev, E. (2020). Recent insights in the impact of emerging technologies on lactic acid bacteria: A review. *Food research international*, 137, 109544.
- Prabhuzantye, T., Khaire, R. A., & Gogate, P. R. (2019). Enhancing the recovery of whey proteins based on application of ultrasound in ultrafiltration and spray drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 125-134.
- Qiu, L., Zhang, M., Chitrakar, B., & Bhandari, B. (2020). Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality. *Ultrasonics sonochemistry*, 68, 105230.

- Ragab, E. S., Zhang, S., Korma, S. A., Buniowska-Olejniak, M., Nasser, S. A. A., Esatbeyoglu, T., ... & Nassar, K. S. (2023). Physicochemical and rheological properties of stirred yoghurt during storage induced from high-intensity thermosonicated goat and cow milk. *Fermentation*, 9(1), 42.
- Rathnakumar, K., Jain, S., Awasti, N., Vashisht, P., Thorakkattu, P., Ramesh, B., ... & Pandiselvam, R. (2024). Ultrasonic processing: effects on the physicochemical and microbiological aspects of dairy products. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1-15.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2009a). The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114(3), 905-911.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2009b). Characterisation of volatile compounds generated in milk by high intensity ultrasound. *International Dairy Journal*, 19(4), 269-272.
- Rizzoli, R., & Biver, E. (2024). Role of fermented dairy products in the health benefits of a mediterranean diet. *Aging Clinical and Experimental Research*, 36(1), 1-8.
- Routray, W., & Mishra, H. N. (2011). Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 208-220.
- Rudke, C. R. M., Camelo-Silva, C., Rudke, A. R., Prudencio, E. S., & de Andrade, C. J. (2024). Trends in dairy products: New ingredients and ultrasound-based processing. *Food and Bioprocess Technology*, 17(4), 811-827.
- Salameh, C., Banon, S., Hosri, C., & Scher, J. (2016). An overview of recent studies on the main traditional fermented milks and white cheeses in the Mediterranean region. *Food Reviews International*, 32(3), 256-279.
- Salji JP, Kroger M (1981) "Proteolysis and Lipolysis in Ripening Cheddar Cheese Made with Conventional Bulk Starter and with Frozen Concentrated Direct-to-the-Vat Starter Culture", *Journal of Food Science*, 46(5), 1345-1348.
- Samarasinghe, H. G. A. S., Dharmaprema, S., Manodya, U., Kariyawasam, K. P., & Samaranyake, U. C. (2024). Exploring Impact of the Ultrasound and Combined Treatments on Food Quality: A Comprehensive Review. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(2), 349-365.
- Sánchez, E. S., Simal, S., Femenia, A., Llull, P., & Rosselló, C. (2001a). Proteolysis of Mahon cheese as affected by acoustic-assisted brining. *European Food Research and Technology*, 212, 147-152.
- Sánchez, E. S., Simal, S., Femenia, A., Benedito, J., & Rosselló, C. (2001b). Effect of acoustic brining on lipolysis and on sensory characteristics of Mahon cheese. *Journal of Food Science*, 66(6), 892-896.
- Sarıca, E. and Coskun, H. (2020). Assessment of durability and characteristics of changes in kefir made from cow's and goat's milk. *Ital. J. Food Sci.*, vol. 32: 498-516.
- Sarıca, E. (2022). Kefirin üretimi, özellikleri ve alkol içeriği. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 69-82.
- Sarioğlu, H. Y., Köprüalan, Ö., Dirim, S. N., & Ertekin, F. (2024). Ultrason destekli dondurma ve çözündürme işleminin dana nıar etinin kalite özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 49(1), 142-159.
- Sarker, A., & Siddiqui, R. A. (2023). Effects of ultrasonic processing on the quality properties of fortified yogurt. *Ultrasonics Sonochemistry*, 98, 106533.

- Say, D., Saydam, İ. B., & Güzeler, N. (2018). Some properties of ayran fortified with black carrot powder. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 3(3), 54-60.
- Sayın, L., & Tamer, C. E. (2014). Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83-93.
- Scudino, H., Guimarães, J. T., Cabral, L., Centurion, V. B., Gomes, A., Orsi, A. S., ... & Cruz, A. G. (2022). Raw milk processing by high-intensity ultrasound and conventional heat treatments: Microbial profile by amplicon sequencing and physical stability during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 75(1), 115-128.
- Scudino, H., Guimarães, J. T., Ramos, G. L., Santillo, A., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Albenzio, M. (2023a). High-intensity ultrasound in cheese processing. *Current Opinion in Food Science*, 50, 101004.
- Scudino, H., Guimarães, J. T., Moura, R. S., Ramos, G. L. P., Pimentel, T. C., Cavalcanti, R. N., ... & Cruz, A. G. (2023b). Thermosonication as a pretreatment of raw milk for Minas frescal cheese production. *Ultrasonics Sonochemistry*, 92, 106260.
- Sfakianakis, P., & Tzia, C. (2013). Flavor and sensory characteristics of yogurt derived from milk treated by high intensity ultrasound.
- Shah, N. P., Lankaputhra, W. E., Britz, M. L., & Kyle, W. S. (1995). Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in commercial yoghurt during refrigerated storage. *International dairy journal*, 5(5), 515-521.
- Shershenkov, B., & Suchkova, E. (2015). Upgrading the technology of functional dairy products by means of fermentation process ultrasonic intensification. *Agronomy Research*, 13(4).
- Singla M., & Sit N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105506.
- Sireesha, T., Gowda, N. N., & Kambhampati, V. (2022). Ultrasonication in seafood processing and preservation: a comprehensive review. *Applied Food Research*, 2(2), 100208.
- Soysal, Ç. (2011). Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *Gıda*, 36(4), 225-232.
- Şanlıbaba, P., & Tezel, B. (2023). Traditional fermented foods in Anatolia. *Acta Scientiarum polonorum- technologa alimentaria*, 22(2).
- Şengül, M., & Topdaş, E. F. (2019). Katı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan modern teknikler ve bu teknikler arasında ultrason yardımlı ekstraksiyonun yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 201-216.
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., & Ertugay, M. F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(4), 219-222.
- Tamuçay Özünlü B. (2005). Ayran Kalitesinde Etkili Bazı Parametreler Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tamuçay-Özünlü, B., & Koçak, C. (2010). Farklı inkübasyon sonu asitliğinin ayran kalitesine etkisi. *Gıda*, 35(2), 113-119.
- Taş, T. K., & Güzel-Seydim, Z. (2010). Çeşitli yağ ikame maddeleri ve probiyotik kullanımının ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Gıda*, 35(2), 105-112.
- Tavşanlı, H., Güner, T. E., Altundal, B., Ektik, N., & İlhak, O. İ. (2024). The effect of ultrasound process on lactic acid bacteria, physicochemical and sensory properties of yoghurt, before and after inoculation of starter cultures into milk. *International Journal of Dairy Technology*, 77(1), 105-113.

- Tufail, M., Hussain, S., Malik, F., Mirza, T., Parveen, G., Shafaat, S., ... & Sadiq, A. (2011). Isolation and evaluation of antibacterial activity of bacteriocin produced by *Lactobacillus bulgaricus* from yogurt. *African Journal of Microbiology Research*, 5(22), 3842-3847.
- Turan, S., Atalay, D., Solak, R., Özogul, M., & Demirtas, M. (2021). Effects of ultrasound-assisted extraction parameters on the total phenolic and carotenoid contents and antioxidant activity of rosehip (*Rosa canina* L.).
- TÜİK (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Ekim-2024-53612> adresinden 24 Aralık 2024 tarihinde alınmıştır.
- Türk, S. M. (2024). Yeşil Teknoloji. *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 33(1), 33-48.
- Türksönmez Ç., & Diler, A. (2021). Gıda endüstrisinde ultrason uygulamaları. *Aydın Gastronomy*, 5(2), 177-191.
- Uriot, O., Denis, S., Junjua, M., Roussel, Y., Dary-Mourot, A., & Blanquet-Diot, S. (2017). *Streptococcus thermophilus*: from yogurt starter to a new promising probiotic candidate? *Journal of Functional Foods*, 37, 74-89.
- Uzunoglu, T.P. (2012). Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Kısa ve Uzun Ömürlü Ayranın Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Üren, A. (1999). Üç boyutlu renk ölçme yöntemleri. *Gıda*, sf. 193-200, 24(3).
- Wu, H., Hulbert, G. J., & Mount, J. R. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1(3), 211-218.
- Yazar Özen, A. (2017). Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayran Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Yılmaz, L. (2006). Yoğurt Benzeri Fermente Süt Ürünleri Üretiminde Farklı Probiyotik Kültür Kombinasyonlarının Kullanımı. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Yildiz, F. (2010). Overview of yogurt and other fermented dairy products. Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products, 1-46.
- Yildiz, G., Rababah, T. M., & Feng, H. (2016). Ultrasound-assisted cutting of cheddar, mozzarella and Swiss cheeses—Effects on quality attributes during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 1-9.
- Yu, H., Cheng, X., Li, H., Du, Q., Zeng, X., Wu, Z., ... & Pan, D. (2024). Effects and improvement mechanisms of ultrasonic pretreatment on the quality of fermented skim milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 106958.
- Yu, H., Seow, Y. X., Ong, P. K., & Zhou, W. (2017). Effects of high-intensity ultrasound on Maillard reaction in a model system of d-xylose and l-lysine. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 154-163.
- Yu, Z., Su, Y., Zhang, Y., Zhu, P., Mei, Z., Zhou, X., & Yu, H. (2021). Potential use of ultrasound to promote fermentation, maturation, and properties of fermented foods: A review. *Food Chemistry*, 357, 129805.
- Yüksekdağ, Z. N., & Beyatlı, Y. (2003). Kefir mikroflorası ile laktik asit bakterilerinin metabolik, antimikrobiyal ve genetik özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(2), 49-69.
- Yüksel, F. (2013). Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 29-38.

- Yüksel, Y., & Elgün, A. (2013). Buğdayın Islatılması Sırasında Ultrason İşlemi Uygulamanın Tanenin Su Absorpsiyonu Üzerine Etkisi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(2), 1-14.
- Zhadyra, S., Han, X., Anapiyayev, B. B., Tao, F., & Xu, P. (2021). Bacterial diversity analysis in Kazakh fermented milks Shubat and Ayran by combining culture-dependent and culture-independent methods. LWT, 141, 110877.
- Zhou, S., Chen, W., & Fan, K. (2024). Recent advances in combined ultrasound and microwave treatment for improving food processing efficiency and quality: A review. Food Bioscience, 103683.
- Zhu, X., Das, R. S., Bhavya, M. L., Garcia-Vaquero, M., & Tiwari, B. K. (2024). Acoustic cavitation for agri-food applications: Mechanism of action, design of new systems, challenges and strategies for scale-up. Ultrasonics Sonochemistry, 106850.

