



**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ULTRASONİKASYON UYGULAMASININ AYRAN
ÜRETİMİNDE BAZI KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİ**

Aybüke YAZAR ÖZEN

BURDUR, 2017

T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ULTRASONİKASYON UYGULAMASININ AYRAN
ÜRETİMİNDE BAZI KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİ**

Aybüke YAZAR ÖZEN

Danışman: Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY

BURDUR, 2017

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Aybüke YAZAR ÖZEN tarafından Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY yönetiminde hazırlanan “**Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayran Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 11/07/2017

Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY

(Danışman)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Gıda Müh. Bölümü.....

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

(Jüri Üyesi)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Gıda Müh. Bölümü.....

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

(Jüri Üyesi)

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü.....

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

.....
.....
Prof. Dr. İskender GÜLLE

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayran Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11/07/2017


Aybüke YAZAR ÖZEN

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY'a, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yusuf YILMAZ'a ve sevgili arkadaşım Gıda Yük. Müh. Uzman Özge GÖKÇE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca hiçbir yardımı esirgemeyen değerli yüksek lisans arkadaşlarım Eda ÖZCAN, Hilal UYAR, Kübra KOCATÜRK, Rabia FAKI ve Didem GÖZE'ye teşekkür ederim.

Çalışmalarımı sorunsuz bir şekilde yürütebilmem için manevi desteklerini esirgemeyen T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Burdur Hizmet Merkezi Müdürü Sayın Hamza Alper DOĞRU'ya teşekkür ederim.

0267-YL-15 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen ve güç veren annem Tasvire YAZAR'a, babam Kürşat YAZAR'a, çalışmalarımın sabırla bitmesini bekleyen ablam Fatma Asena YAZAR ve kardeşim Hilal YAZAR GÜNEŞ'e ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Koray ÖZEN'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Temmuz, 2017

Aybüke YAZAR ÖZEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Ayran	4
2.1.1. Tanımı ve Özellikleri	4
2.1.2. Üretim Süreci	6
2.1.3. Yapısal Oluşum Mekanizması ve Başlıca Yapısal Kalite Kriterleri	7
2.2 Ultrasonikasyon	11
2.2.1. Tanımı	11
2.2.2. Süt Endüstrisinde Ultrasonikasyon Uygulamaları	13
2.2.3. Ayran Üretiminde Ultrasonikasyon Uygulamaları	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Materyal	20
3.2 Yöntem.....	20
3.2.1. Ayran Üretimi	20
3.2.2. Ultrasonikasyon Uygulaması	22
3.2.3. Kimyasal ve Fizikokimyasal Analizler	23
3.2.4. Serum Ayrılması	23
3.2.5. Reolojik Analizler	23
3.2.6. Renk Tayini.....	24
3.2.7. Mikroyapının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Görüntülenmesi	24
3.2.8. Mikrobiyolojik Analiz	25
3.2.9. Duyusal Analiz	25
3.2.10. İstatistiksel Analiz.....	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Çiğ Sütün Bileşimi.....	27
4.2. Starter Kültür İlavesinden Önce Ultrasonikasyon Uygulanarak Üretilen Ayranlara İlişkin Bulgular	27
4.2.1. Ayran Örneklerinin Genel Kompozisyonu	27
4.2.2. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri.....	28
4.2.3. Ultrasonikasyonun Asitlik ve pH Üzerine Etkisi	29
4.2.3.1. Asitlik	29
4.2.3.2. pH	31
4.2.4. Ultrasonikasyonun Serum Ayrılması Değerleri Üzerine Etkisi	33
4.2.5. Ayranın Reolojik Özellikleri.....	36
4.2.6. Ultrasonikasyonun Ayranların Mikroyapıları Üzerine Etkisi	45
4.2.7. Ayran Örneklerinin Duyusal Niteliklerine İlişkin Değerlendirmeler	46
4.3. İnkübasyon Sonrası Pıhtı Kırma ve Soğutma Aşamasından Sonra Ultrasonikasyon Uygulanarak Üretilen Ayranlara İlişkin Bulgular	48
4.3.1. Ayran Örneklerinin Genel Kompozisyonu	48
4.3.2. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri.....	49

4.3.3. Ultrasonikasyonun Asitlik ve pH Üzerine Etkisi	50
4.3.3.1. Asitlik	50
4.3.3.2. pH	52
4.3.4. Ultrasonikasyonun Serum Ayrılması Değerleri Üzerine Etkisi	54
4.3.5. Ayranın Reolojik Özellikleri.....	58
4.3.6. Ultrasonikasyonun Ayranların Mikroyapıları Üzerine Etkisi	67
4.3.7. Ayran Örneklerinin Duyusal Niteliklerine İlişkin Değerlendirmeler	67
4.3.8. Ayran Örneklerinin Mikroorganizma İçeriklerine İlişkin Değerlendirmeler.....	69
5. SONUÇ.....	71
KAYNAKLAR.....	72
EKLER	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Ayran üretiminde kullanılan starter kültürler	4
Şekil 2.2. İki farklı yöntemle endüstriyel olarak ayran üretimi	7
Şekil 2.3. Kazein miseli	8
Şekil 2.4. Denatüre serum proteinleri ve kazeinden oluşan ağ yapısı	9
Şekil 2.5. Newton tipi ve newton tipi olmayan akışkanlar için kayma gerilimi ve hız dalgalanması	10
Şekil 2.6. Ultrasonik ünite	12
Şekil 3.1. Ayran üretim şeması	21
Şekil 3.2. Ayran üretim şeması	22
Şekil 4.1. Ayran örneklerinin us uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri	34
Şekil 4.2. Ayran örneklerinin depolama süresine göre serum ayrılması değerleri	35
Şekil 4.3. Farklı güç ve sürelerde us uygulanmış ayranların depolamasının birinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	38
Şekil 4.4. Farklı güç ve sürelerde us uygulanmış ayranların depolamasının beşinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	39
Şekil 4.5. Farklı güç ve sürelerde us uygulanmış ayranların depolamasının onuncu gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	40
Şekil 4.6. Ayran örneklerinin us uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri	41
Şekil 4.7. Ayran örneklerinin us uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	42
Şekil 4.8. Ayran örneklerinin depolama süresine göre görünür viskozite değerleri	43
Şekil 4.9. Ayran örneklerinin us uygulama gücü ve uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	45
Şekil 4.10. Kontrol (A) ve 50 W (B) ve 150 W (C) güçlerde 5 dakika us uygulanmış ayranlara ait elektron mikroskobu görüntüleri	46
Şekil 4.11. Depolama süresince ayran örneklerinin uygulama süresinden bağımsız olarak asitlik değerlerindeki değişim	52
Şekil 4.12. Ayranların depolama süresince pH değerleri	54
Şekil 4.13. Uygulama gücüne göre serum ayrılması değerleri	55
Şekil 4.14. Depolama süresine göre serum ayrılması değerleri	57
Şekil 4.15. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri	58

Şekil 4.16. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolamasının birinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	60
Şekil 4.17. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolamasının beşinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	61
Şekil 4.18. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolamasının onuncu gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri	62
Şekil 4.19. Uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri	63
Şekil 4.20. Uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	64
Şekil 4.21. Depolama süresince ayran örneklerinin görünür viskozite değerleri	65
Şekil 4.22. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	66
Şekil 4.23. Kontrol (A) ve 50 W (B) ve 150 W (C) güçlerde 5 dakika us uygulanmış ayranlara ait elektron mikroskobu görüntüleri	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın süt yağı içeriği sınıflandırması	5
Çizelge 2.2. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın özellikleri	5
Çizelge 2.3. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın mikrobiyolojik özellikleri	6
Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan çiğ sütün bileşimi.....	27
Çizelge 4.2. Ayran örneklerinin kimyasal kompozisyonu	28
Çizelge 4.3. Ayran örneklerinin renk değerleri.....	29
Çizelge 4.4. Ayran örneklerinin depolama süresince asitlik değerleri.....	31
Çizelge 4.5. Ayran örneklerinin depolama süresince pH değerleri.....	32
Çizelge 4.6. Ayran üretiminde kullanılan ultrasonikasyon gücünün serum ayrılması değeri üzerine etkisi.....	33
Çizelge 4.7. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri	34
Çizelge 4.8. Ayran örneklerinin depolama süresine göre serum ayrılması değerleri.....	35
Çizelge 4.9. Farklı ultrasonikasyon uygulama gücü ve sürelerinde üretilen ayran örneklerinin reolojik özellikleri	37
Çizelge 4.10. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri.....	41
Çizelge 4.11. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri.....	42
Çizelge 4.12. Ayran örneklerinin depolama süresine göre görünür viskozite değişim değerleri	43
Çizelge 4.13. Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerleri.....	44
Çizelge 4.14. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücü ve süresine göre görünür viskozite değerleri.....	44
Çizelge 4.15. Duyusal lezzet puanları	47
Çizelge 4.16. Ultrasonikasyon uygulama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi.....	47
Çizelge 4.17. Depolama süresinin ayran örneklerinin ortalama lezzet puanlarına	

etkisi	47
Çizelge 4.18. Ayran örneklerinin kimyasal kompozisyonu	49
Çizelge 4.19. Ayran örneklerinin renk değerleri	50
Çizelge 4.20. Depolama süresince ayran örneklerinin asitlik değerleri	51
Çizelge 4.21. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama asitlik değerleri	52
Çizelge 4.22. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama pH değerleri	53
Çizelge 4.23. Depolama süresince ayranların pH değerleri üzerinde ultrasonikasyon gücü ve ultrasonikasyon süresi interaksyonu	54
Çizelge 4.24. Uygulama gücüne göre serum ayrılması değerleri	55
Çizelge 4.25. Depolama süresine göre serum ayrılması değerleri	56
Çizelge 4.26. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama asitlik değerleri	56
Çizelge 4.27. Ultrasonikasyon uygulama gücü ve uygulama süresi interaksyonuna göre ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri	57
Çizelge 4.28. Farklı uygulama gücü ve sürede ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinin reolojik özellikleri	59
Çizelge 4.29. Uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri	63
Çizelge 4.30. Uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	64
Çizelge 4.31. Depolama süresince ultrasonikasyon uygulama gücünden bağımsız olarak elde edilen görünür viskozite değerleri	65
Çizelge 4.32. Depolama süresince ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerindeki değişim	65
Çizelge 4.33. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri	66
Çizelge 4.34. Ultrasonikasyon uygulama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi	68
Çizelge 4.35. Ultrasonikasyon depolama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi	68
Çizelge 4.36. Ultrasonikasyon uygulama gücünün ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi	68
Çizelge 4.37. Duyusal lezzet puanları	69
Çizelge 4.38. Ayran örneklerinde belirlenen mikroorganizma sayıları	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- a*** : CIELAB Sisteminde Kırmızı Renk Parametresi
b* : CIELAB Sisteminde Sarı Renk Parametresi
kob : Koloni Oluşturan Birim
L * : CIELAB Sisteminde Aydınlık Parametresi
PAS : Peyniraltı Suyu Proteinleri
TGK : Türk Gıda Kodeksi
TS : Termosonikasyon
US : Ultrasonikasyon
 α -La : Alfa-Laktalbumin
 β -Lg : Beta-Laktoglobulin

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayran Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi

Aybüke YAZAR ÖZEN

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY

Temmuz, 2017

Bu tez çalışmasında, 50, 75, 100, 125 ve 150 W güç seviyelerinde 2,5 ve 5 dakika süresince, starter kültür ilavesinden önce ve karıştırma aşamasından sonra 24 kHz sabit frekansta ultrasonikasyon uygulanarak yirmi farklı ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ayranlar cam şişe içerisinde 10 gün boyunca +4°C'de muhafaza edilmiştir. Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde örneklerin fizikokimyasal özellikleri belirlenirken, 1. ve 10. günlerinde ise duyu analizi yapılmıştır. Pıhtı kırım aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulamasının son ürünlerdeki laktobasil ve laktokok sayısı üzerindeki etkisini gözlemlemek için mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile örneklerin mikroyapılarındaki değişimler incelenmiştir. Analiz sonuçları, starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulamasının ayranın genel kompozisyonu üzerinde önemli bir etki oluşturmadığını ($p>0,05$), serum ayrılması değerlerinde belirgin bir azalış ve görünür viskozite değerlerinde belirgin bir artış sağladığını ($p<0,05$); ancak duyu olarak panelistler açısından kesin bir lezzet tercihi oluşturmada yetersiz kaldığını göstermiştir. Ayrıca, pıhtı kırım aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulamasının ayranın genel kompozisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ($p>0,05$), serum ayrılması miktarını azaltma ve viskozite değerlerini artırma yönünde belirgin bir fayda sağlamadığı, duyu olarak özellikle 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların depolamanın son gününde olumsuz lezzet beğenisine neden olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları ayran üretim süreci sırasında (starter kültür ilavesi öncesi) ultrasonikasyon uygulamasının ayranların serum ayrılması ve viskozite değerleri üzerine oldukça olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayran, Ultrasonikasyon, Serum ayrılması, Viskozite

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 0267- YL- 15 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M.Sc. Thesis

Effect of Ultrasonication on Some Quality Parameters of Drinking Yoghurt

Aybüke YAZAR ÖZEN

**Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

July, 2017

In this thesis, drinking yoghurt production was carried out at 50, 75, 100, 125 and 150 W power levels for 2.5 and 5 minutes, by applying 24 kHz constant frequency ultrasonication before starter culture addition and after mixing step. The produced drinking yoghurt was kept in the glass bottle at +4°C for 10 days. Physicochemical analyses were performed on the samples on days 1, 5 and 10 of storage while sensory analyses were performed on days 1 and 10. Microbiological analyzes were performed to observe the effect of ultrasonication on the starter culture population after the curd-breaking phase. The microstructure was studied by scanning electron microscopy. The results showed that prior to starter culture addition, ultrasonication process did not have a significant effect on the overall composition of ayran ($p>0.05$), a significant decrease in serum separation values and a significant increase in apparent viscosity values ($p <0.05$); but it was insufficient to create a definitive taste preference in terms of panelists. Furthermore it has been determined that after the mixing step, the ultrasonication application does not have a significant effect on the overall composition of the drinking yoghurt ($p>0,05$), it does not have a significant benefit in decreasing the amount of serum separation and increasing the viscosity values, it has been also determined that the drinking yoghurt produced by ultrasonication especially for 5 minutes causes negative taste on sensory properties on the last day of storage.

Keywords: Drinking Yoghurt, Ultrasonication, Serum separation, Viscosity

The present M.Sc.Thesis was supported by Coordinatorship of Scientific Research Projects of Mehmet Akif Ersoy University under the Project number of 0267- YL-15.

1. GİRİŞ

Fermente süt ürünlerinin insan sağlığı üzerinde pek çok yararlı etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Ülkemizde ise üretimi ve tüketimi yapılan bu ürünlerin başında şüphesiz ayran gelmektedir. Ayran günümüzde geleneksel olarak yoğurda su ilavesiyle (Atamer, 1986) veya endüstriyel olarak kurumaddesi ayarlanan süte belirli ısıl işlemler uygulandıktan sonra sütün içerisine ayran kültürü katılmasıyla (Çolakoğlu ve Gürsoy, 2011, Akkaya vd., 2015) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak üretilmektedir. Endüstriyel boyuttaki üretim ile ürün kalitesinde standartlaşma sağlanabilmekte, ürün güvenilirliği ve raf ömrü artırılmaktadır.

Ayranın tüketici beğenisini ve tercihini belirleyen en önemli faktörler, optimum yapısal özellikler ve serum ayrılmasının olmamasıdır. Ayran üretiminde süte uygulanan ısıl işlemler sütün yapısında bir takım değişikliklerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Isıl işlemin şiddetine göre serum proteinleri özellikle β -Lg ve α -La denatüre olmakta (Elfagm ve Wheelock, 1977; Ramos, 1978); kazeinin yapısında değişimler meydana gelmekte ve değişik büyüklükteki kazein partiküllerinin yerçekimi kuvveti ile çökmesi sonucu serum ayrılması meydana gelmektedir (Singh ve Fox 1989; Gülümser, 1986). Ayrıca, kıvam belirleyici özellik olan viskozite de ısıl işlemde etkilenmektedir (Singh ve Fox, 1989). Birçok araştırmacı serum ayrılması ve viskozite üzerine toplam kurumadde içeriği, protein içeriği (kazein ve serum proteinleri arasındaki oran), sütün yağ içeriği, homojenizasyon, ısıl işlem, asitlik, ürünün depolama sıcaklığı, starter kültür aktivitesi gibi faktörlerin etkili olduğunu bildirmektedirler (Rasic ve Kurmann, 1978; Yaygın ve Gahun, 1983; Gönç vd., 1989; Renner, 1991; Özünlü ve Koçak, 2010; Gürsoy vd., 2016). Gıdalara uygulanan ısıl işlemin muhtemel olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması ya da azaltılabilmesi için gıda teknolojisinde ısısal olmayan yeni üretim yöntemlerinin arayışı içerisine girilmiştir. Literatür araştırmasında, serum ayrılmasının önlenmesi ve viskoziteyi artırmaya yönelik pek çok çalışma yapıldığı ve yapılan bilimsel çalışmaların çoğunlukla üretimde stabilizatör madde veya enzim kullanımına odaklandığı görülmektedir. Ancak Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne (Anonim, 2009) göre ayranın içerisine herhangi bir katkı maddesi ilavesi yapılarak tüketiciye sunulmasına izin verilmemektedir.

Gıda endüstrisinde kullanım potansiyeli olan ısısal olmayan yeni teknolojilerden birisi de ultrasonikasyondur. Ultrason veya ultrasonikasyon, insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekanslı (20 kHz -10 MHz) ses dalgaları ile ortaya çıkan bir enerji türüdür (Bhaskarcharya vd., 2009). Ultrasonikasyon uygulamaları; kayma, ışık huzmeleri ve benzeri fiziksel etkileri ortaya çıkaran düşük frekans - yüksek güç (20 - 100 kHz, > 1 W/cm²), serbest radikal oluşumuna sebep olan orta frekans - orta güç (100 kHz - 1 MHz) ve teşhis (tanı) uygulamalarını sağlayan yüksek frekans - düşük güç (1 – 10 MHz, < 1 W/cm²) olmak üzere oluşturdukları etkiler açısından frekans ve güç seviyelerine göre gruplara ayrılmaktadır (Bhaskarcharya vd., 2009). Örneğin, çiftlik hayvanlarında tahribata sebep olmayan genetik iyileştirme programlarını desteklemek, çığ ve fermente et ürünlerinin, balıkların ve kümes hayvanlarının bileşimlerini değerlendirmek için yüksek frekans düşük güç ultrason kullanılmaktadır. Ayrıca hem hasat öncesi hem de hasat sonrası taze meyve ve sebzelerin, işlenmiş peynirlerin, ticari yemeklik yağların, ekmek ve tahıl ürünlerinin, emülsifiye edilmiş yağ bazlı ürünlerin, gıda jölelerinin ve dondurulmuş gıdaların kalite kontrolünde de ultrasonikasyon kullanılabilir (Awad vd., 2012). Süt endüstrisinde ise emülsifikasyon, kristalizasyon, homojenizasyon, mikroorganizmaların inaktivasyonu, degaz/deaerasyon, ısıl stabiliteyi artırma, viskoziteyi düşürme gibi proses aşamalarında ultrasonikasyon uygulamasına ilişkin literatürde pek çok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalarda, bitkisel yağların süt içerisine başarılı bir şekilde ilavesi ile kararlı emülsiyon eldesi (Ashokkumar, 2015), laktozun ultrason yoluyla kristalizasyonu sırasında nükleasyon hızı ve kristalizasyon veriminde artış (Zamanipoor vd., 2013), çığ sütte mikrobiyal yükte azalma (D'Amico vd., 2006), sütte yağ globülü boyutlarının düşürülmesi (Wu vd., 2001) ve rekonstüte yağsız sütteki gazın önemli oranda uzaklaştırılması (Villamiel vd., 2000) gibi umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Frekans yoğunluğuna göre ultrasonikasyon işlemi tek başına uygulanabileceği gibi orta düzeyde ısıl işlem ile (termosonikasyon) veya ısıl işlem ve basınç ile (manotermosonikasyon) de uygulanabilmektedir (Gürsoy vd., 2016). Ultrasonikasyon işleminin farklı şekillerinin yoğurt teknolojisinde kullanımının potansiyel yararları olduğu yapılan çeşitli çalışmalarla tespit edilmiştir. Örneğin Vercet vd. (2002) manotermosonikasyon ile üretilen yoğurtların daha güçlü yapısal özelliklere sahip olduğunu belirlemiştir. Reiner vd. (2009) termosonikasyon (TS) ile üretilen yoğurtların elektron mikroskobu çalışmalarında, yoğurtların mikro yapılarında farklılıklar bulunduğunu ve özellikle TS ile üretilen yoğurtların mikro yapılarının bal peteği benzeri bir görüntüye sahip olduğunu ve daha porlu bir doğası bulunduğunu tespit etmişlerdir. Söz

konusu yapısal özellikler geleneksel yoğurtlarda belirlenmemiştir. Aynı araştırmacılar, TS ile üretilen yoğurtların viskozite ve jel sıkılığının önemli ölçüde arttığını da ifade etmişlerdir. Benzer bulgulara Reiner vd. (2010)'un çalışmalarında da ulaşılmıştır.

Ayran üretiminde ultrasonikasyon kullanımı ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalarda; üretim sonrası ultrasonikasyon uygulamasının ayranın serum ayrılması ve viskozitesi üzerine etkisi (Ertugay vd., 2012), ayran üretiminde kullanılacak süte termosonikasyon uygulamasının son ürün kalite parametrelerine etkisi (Erkaya vd., 2015; Gürsoy vd., 2016) ve ticari pastörize süttten ayran üretiminde ultrasonikasyonun ayran özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi (Kurt, 2013) konularına odaklanmıştır.

Bilgilerimize göre ayran üretiminde ısıl işlem uygulanan süte ultrasonikasyon uygulamasının etkilerinin araştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırmada ayran üretim prosesinde ısıl işlem (90°C'de 10 dakika) sonrası soğutulan (50°C) süte farklı güçlerde (50, 100, 125 ve 150 W) ve sürelerde (2,5 ve 5 dakika) ultrasonikasyon uygulamasının üretilen ayranların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

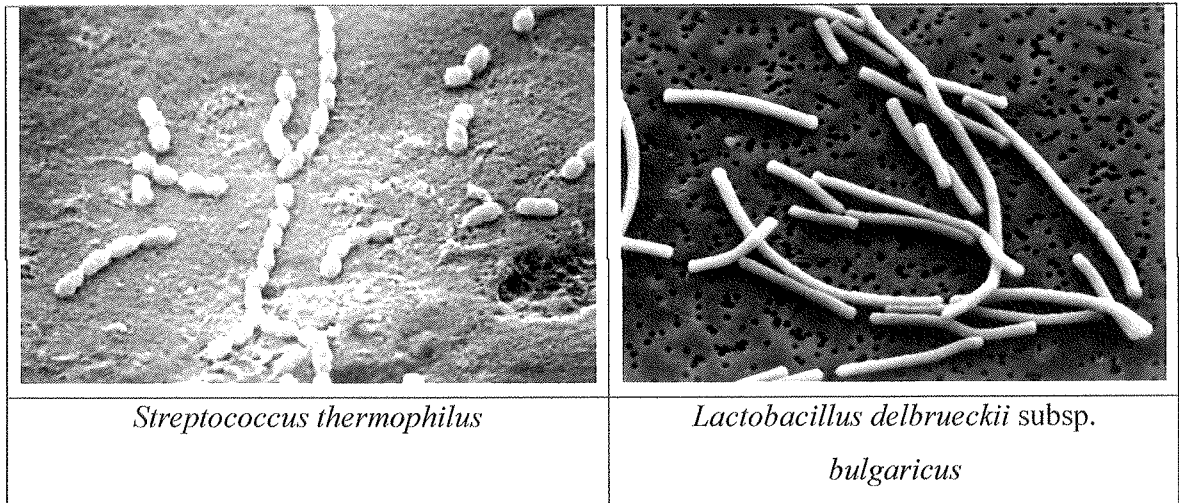
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ayrın

2.1.1. Ayrının Tanımı ve Özellikleri

Sütün önemli ürünlerinden olan ve uzun yıllardan beri Orta Asya ve Anadolu'da işlenen ayran, özellikle Türk toplumunun beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Üstün besleyici değeri, sindiriminin kolaylığı, ferahlatıcı etkisinin yanı sıra basit bir şekilde üretilmesi, ayranın Türk toplumunda milli bir içecek haline gelmesine ve zevkle tüketilmesine sebep olmuştur. Ayran doğal niteliklerini kısa sürede yitiren sütün değerlendirilmesi açısından süt teknolojisinde önemli bir yer tutmaktadır (Patır vd., 2006).

Ayrın, yoğurda su katılarak veya kurumaddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un (Şekil 2.1) kültürleri katılarak hazırlanan fermente süt ürünü (Anonim, 2009) olup, hemen hemen her öğünde sofralarımızdan eksik olmayan milli içeceğimizdir. Ayrınların raf ömrü 4°C'de 10 – 15 gün ile sınırlıdır. Literatürde ayrının üretimi esnasında katkı maddesi ilavesi ile raf ömrünün artırılmasına yönelik bazı çalışmalar olmakla birlikte (Şeker ve Patır, 2011) günümüzde ayrının içerisine herhangi bir katkı maddesi ilavesi yapılarak tüketiciye sunulmasına izin verilmemektedir.



Şekil 2.1. Ayrın üretiminde kullanılan starter kültürler

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre (Anonim, 2009) ayranın süt yağı içeriğine göre sınıflandırılması Çizelge 2.1'de; sahip olması gereken kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler ise sırasıyla Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.1. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın süt yağı içeriği sınıflandırması (Anonim, 2009)

	Yağ Oranı
Tam yağlı ayran	Süt yağı \geq % 1,8
Yarım yağlı ayran	% 1,2 > Süt yağı \geq % 0,8
Yağsız ayran	Süt yağı \leq % 0,5
%..... yağlı ayran	Tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız ayran sınıfları dışında kalan süt yağı

Çizelge 2.2. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre Ayranın özellikleri (Anonim, 2009)

Bileşen	Limitler
Tuz	En fazla %1
Süt Proteini* (Ağırlıkça %)	En az 2,0
Titrasyon asitliği (Laktik asit olarak ağırlıkça %)	En az 0,5 En fazla 1,0
Etanol (% hacim/ağırlık)	-
Toplam Spesifik Mikroorganizma (kob/g)	En az 10^6
Etikette Belirtilen Toplam İlave Mikroorganizma (kob/g) **	En az 10^6
Mayalar (kob/g)	-

* Süt Proteini; Kjeldahl metodu ile belirlenen toplam azot miktarı x 6,38

** *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'un kültürlerine ilave olarak eklenen diğer starter ve/veya yan kültürler

Çizelge 2.3. Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın mikrobiyolojik özellikleri (Anonim, 2009)

Mikroorganizmalar	Numune Alma Planı		Limitler (¹)	
	n	c	m	M
Koliform bakteriler (²)	5	2	9	95
Maya (probiyotik kullanılanlar hariç)	5	2	10 ²	10 ³
Küf	5	2	10 ²	10 ³
<i>E. coli</i> (²)	5	0		<3

(¹) : Aksi belirtilmedikçe limit kob/g-mL olarak değerlendirilir.

(²) : EMS (En Muhtemel Sayı) yöntemi

n : Partiden, bağımsız ve rasgele seçilen numune sayısı

c : m ve M arasında olmasına izin verilen maksimum numune sayısı (M değeri taşıyabilecek en fazla numune sayısı)

m : (n-c) sayıdaki numunede bulunabilecek en fazla mikrobiyolojik değeri

M : c sayıdaki numunenin bu değeri aşması halinde uygunsuz olup kabul edilemez olduğunu gösteren mikroorganizma sayısı

2.1.2. Ayran Üretimi

Ülkemizde ayranların endüstriyel açıdan standart bir yöntem ile üretilmedikleri, bileşim açısından da değişiklikler gösterdikleri ifade edilmektedir (Özünü ve Koçak, 2010).

Ayran, geleneksel olarak yoğurdun içerisine belirli oranlarda su (%30-50) ve tuz (% 0,5-1) katılarak üretilmektedir (Köksoy ve Kılıç, 2003). Ev yapımı adı da verilen bu ayranlar evlerimizde, pastanelerde, restoranlarda herhangi bir özel ambalaja gerek duyulmaksızın yerini almaktadır.

Endüstriyel olarak ise ayran üretiminde 2 yöntem kullanılmaktadır. Birincisinde sütün içerisine su ilave edildikten sonra ayran üretimi yapılırken, ikincisinde ise yoğurda su ilavesi ile üretim yapılmaktadır (Şekil 2.2) (Koçak ve Avşar, 2009; Kabak ve Dobson, 2011). Koçak vd. (2006) tarafından bu iki farklı üretim yönteminin ayranın genel bileşimi ve tüketici beğenisi üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı; ancak yoğurda su katılarak üretilen ayranların asetaldehit içeriklerinin diğer üretim yöntemi ile üretilen ayranlarınkine göre daha düşük olduğu belirtilmektedir.

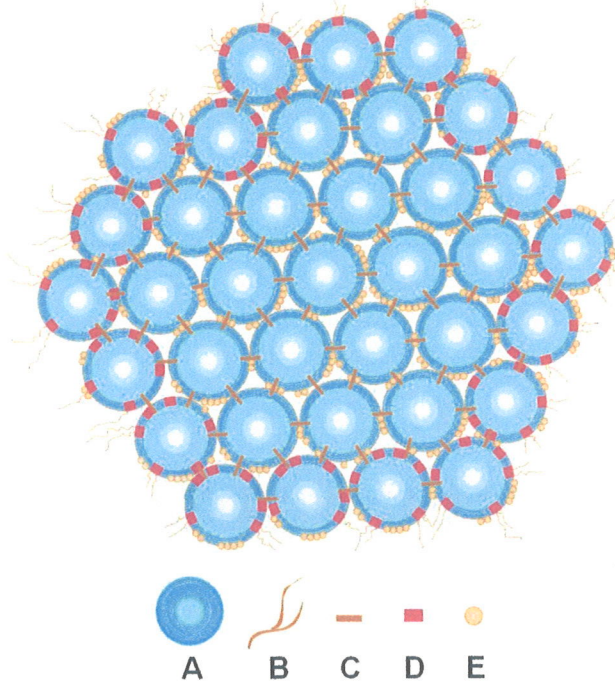


Şekil 2.2. İki farklı yöntemle endüstriyel olarak ayran üretimi (Koçak ve Avşar, 2009; Kabak ve Dobson, 2011)

2.1.3. Yapısal Oluşum Mekanizması ve Başlıca Yapısal Kalite Kriterleri

Doğada sadece sütte bulunan kazein, süt proteinlerinin en önemli fraksiyonu olup, yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Kazein sütte misel adı verilen parçacıklar halinde bulunmakta olup, bir kazein miseli α_s -kazein (~%54), β -kazein (~%30), κ -kazein (~%13) ve γ -kazein (~%3) bileşenlerine sahiptir. Her bir kazein miseli ise 10-15 nm çapında alt misellerden meydana gelmektedir. Miselin çekirdek kısmını kalsiyum iyonlarına duyarlı olan α_{s1} , β -kazein fraksiyonları oluşturmakta olup yüzey kısmında ise oldukça yüksek elektrik yüklü bölgeler bulunmaktadır. Bu bölümde κ -kazeinin hidrofil karakterli kısmı

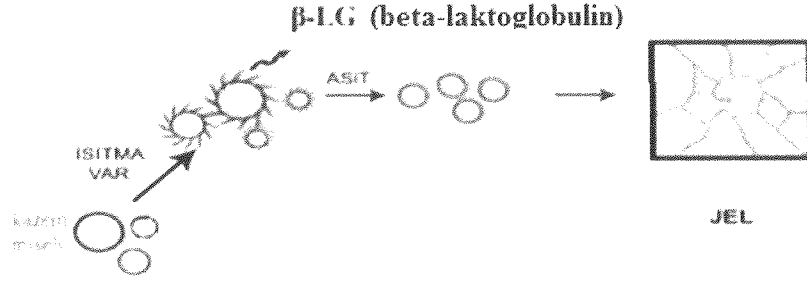
lokalize olmuştur (Şekil 2.3). Kazeinin yağsız süttten herhangi bir yolla uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan kısım içerisindeki süt proteinleri ise serum proteinleri olarak adlandırılmakta ve bu proteinler 73°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda belirli sürelerde uygulanan ısı işlemler sonucunda denatüre olmaktadır (Üçüncü, 2004).



Şekil 2.3. Kazein miseli, A: Kazein alt miseli, B: κ -Kazeinin hidrofilik C-Terminal ucu (tüyümsü görünüm), C: Kalsiyum fosfat, D: κ -Kazein, E: Fosfat grupları (Üçüncü, 2004)

Fermente süt ürünleri üretiminde patojen mikroorganizmaların öldürülmesi, sütte doğal olarak bulunan enzimlerin inaktive edilmesi, starter kültürler için uygun ortam hazırlanması gibi nedenlerle süte ısı işlem uygulanmaktadır. Isıl işlem sonrasında süte starter kültür ilave edilerek *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* tarafından asidik ortam oluşturulmakta ve böylelikle kazein kompleksinin stabilizasyonu bozulmaktadır. Bu durumda, ısı işlem ile denatüre olmuş serum proteinleri kazein misellerinin dış yüzeyinde toplanmakta ve bir kompleks oluşturmaktadır (Üçüncü, 2004). Bu şekilde proteinlerin pıhtılaşması ile meydana gelen ağ (jel) yapıya yağ globülleri, çözülmüş bileşikler girmekte ve pıhtının stabilitesi artmaktadır (Tamime ve Robinson, 1999) (Şekil 2.4). İçilebilir fermente süt ürünlerin üretiminde jel oluşumu için ısı işlem ve asitlik kombinasyonu zorunludur. Bu iki parametreden birinin ya da her

ikisinin yeterli etkiyi yaratmaması sonucu özgün yapının oluşumu engellenmektedir (Özünü, 2005).



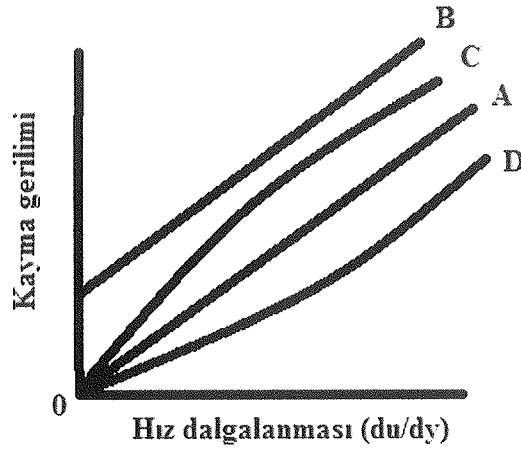
Şekil 2.4. Denatüre serum proteinleri ve kazeinden oluşan ağ yapısı (Özer ve Atamer, 1994)

Ayranda tüketici beğenisini ve tercihini etkileyen en önemli faktörlerin başında serum ayrılması sorunu gelmektedir. Serum ayrılması, ısı uygulaması ve asitlik gelişimi ile koloidal niteliğini kaybetmiş olan süt proteinlerinin, özgül ağırlık farkı ve yer çekimi kuvvetinin etkisiyle, içinde buldukları serumun tabanına doğru çökmeleri olarak tanımlanmaktadır (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010). İlaveten bazı araştırmacılar düşük kurumadde, yüksek inkübasyon sıcaklığı, hızlı asidifikasyon ile jel oluşumu, yoğurt jeline uygulanan mekanik etki gibi proses ve depolama koşullarının serum ayrılması üzerinde etkili olduğunu bildirmektedir (Keogh ve O’Kennedy, 1998; Lucey ve Singh, 1998).

Ayranda bir diğer önemli kalite kriteri ise tüketici tarafından ‘kıvam’ olarak nitelendirilen viskozitedir. Viskozite, akışkanların akmaya karşı gösterdikleri direnç anlamına gelmekte olup, sıvıların akış, katıların ise deformasyon özelliklerini belirlemektedir (Bourne, 2002). Viskozitenin birimi santimetre-gram-saniye (cgs) sisteminde poisedir (P). Poise, $\text{dyn.cm}^2\text{s}$ veya $\text{gem}^{-1}\text{s}^{-1}$ ’dir. Bunun yüzde biri olan centipoise (cP) daha çok kullanılmaktadır. Uluslararası birim sisteminde (International System of Units-SI) ise, Newton/metrekaredir (Paskal.saniye=Pa.s). Daha çok milipaskal.saniye (mPa.s) tercih edilmektedir (Çelebi, 2009).

Newton tarafından akış tipleri Newton tipi ve Newton tipi olmayan olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Bir akışkanın ‘Newton tipi akışkan’ olarak adlandırılabilmesi için, akışkanın kayma gerilimi ile kayma oranı arasında doğru orantı (lineer bağıntı) olması gerekmektedir. Bu orantı Şekil 2.5’te verilen grafikteki merkezden geçen A doğrusu ile gösterilmiştir. Şekil 2.5’te B, C ve D eğrileri ile gösterilen akış tipleri Newton tipi olmayan akış tipleridir. B eğrisini veren sıvılara ‘Bingham plastikleri’, C eğrisini veren sıvılara

'pseudoplastik' (yalancı plastik) ve D eğrisini veren sıvılara 'dilatant akışkanlar' adı verilmektedir. Bingham plastikler, kayma gerilimi ile kayma oranı lineer olmasına karşın, belli bir büyüklüğe kadar kayma gerilimine karşı koyabilmektedirler. Kısacası düşük bir gerilimde katı bir özellik sergilerken yüksek gerilimde akışkan özellik göstermektedirler. Kuvvet ortadan kaldırıldığında ise eski hallerine dönememektedirler. Pseudoplastiklerde ise viskozite, kayma oranıyla azalmaktadır. Yani bu maddenin direnci, yer değiştirme arttıkça azalmaktadır. Dilatant akışkanlarda ise kayma oranı arttıkça akışkanın viskozitesi artmaktadır. Newton tipi olmayan akışkanların sabit bir viskozite değeri yoktur ve kayma oranına bağlı olarak viskozite değiştiği için bu tür akışkanlar için görünür 'viskozite değeri' mevcuttur. Newton tipi olmayan akışkanlara örnek vermek gerekirse, mayonez Bingham, ketçap pseudoplastik ve nişasta solüsyonu ise dilatant akışkanlardır (Beşergil ve Beşergil, 1996).



Şekil 2.5. Newton tipi ve Newton tipi olmayan akışkanlar için kayma gerilimi ve kayma oranı (hız dalgalanması) arasındaki ilişki (Beşergil ve Beşergil, 1996)

Newton tipi olmayan akışkanların kayma gerilimi ile kayma oranı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için pek çok matematiksel model önerilmiştir. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlar Newton (2.1), Herschel-Bulkley (2.2), Power Law (Üssel Model) (2.3), ve IPC Paste (2.4) modelleridir (Keogh ve O'Kennedy, 1998; Penna vd., 2001; Oliveira vd., 2002; Yanes vd., 2002a; Yanes vd., 2002b, Atif vd., 2012).

$$\text{Newton modeli } \sigma = \eta\dot{\gamma} \quad (2.1)$$

$$\text{Power Law modeli } \sigma = K(\dot{\gamma})^n \quad (2.2)$$

$$\text{Herschel-Bulkley modeli } \sigma = \sigma_0 + K(\dot{\gamma})^n \quad (2.3)$$

$$\text{IPC Paste modeli } \eta = kR^a \quad (2.4)$$

Burada σ kayma gerilimini, $\dot{\gamma}$ kayma oranını, σ_0 yıkılma (akma) gerilimini, K kıvam katsayısını, η viskoziteyi (cP), n akış davranış indeksini, a kayma hassasiyet faktörünü, R dönüş hızını (rpm), k tutarlılık çarpanını göstermektedir (Özdemir, 2004). Akış davranış indeksi $0 < n < 1$ aralığında olan akışkanlar Newton tipi olmayan akışkan özelliği göstermektedir (Ertugay vd., 2012).

Rekabetin çok yoğun olduğu gıda sektöründe, tüketim esnasında ağız içerisinde memnuniyet verici bir kıvam hissi oluşturan ve serum ayrılması önlenerek veya minimuma düşürülerek tüketici açısından bayat algısı yaratmayan optimum yapısal özelliklerde ayran üretimi oldukça önemli hale gelmiştir. Ayranın serum ayrılmasını önlemeye ve viskoziteyi artırmaya yönelik stabilizatör ilavesi, enzim ilavesi, yağ ikame maddesi ilavesi, ekzopolisakkarit üreten farklı starterin kültürlerin kullanımı, homojenizasyon uygulaması, ultrasonikasyon veya termosonikasyon uygulaması, üretimde kullanılan su ve tuz miktarının ayarlanması, farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında ısıtma işlemi uygulaması, inkübasyon sonlandırma pH'sının değiştirilmesi üzerine literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır (Rašić ve Kurmann, 1978; Atamer vd., 1986; Sezgin, 1987; Atamer ve Sezgin, 1988; Gönç, 1990; Yıldırım vd., 1994; Schmidt ve Bledsoe, 1995; Yaygın, 1999; Tunçtürk vd., 2000; Köksoy ve Kılıç, 2003; Şanlı vd., 2011; Ertugay vd. 2012; Kurt, 2013; Erkaya vd. 2015; Gürsoy vd. 2016).

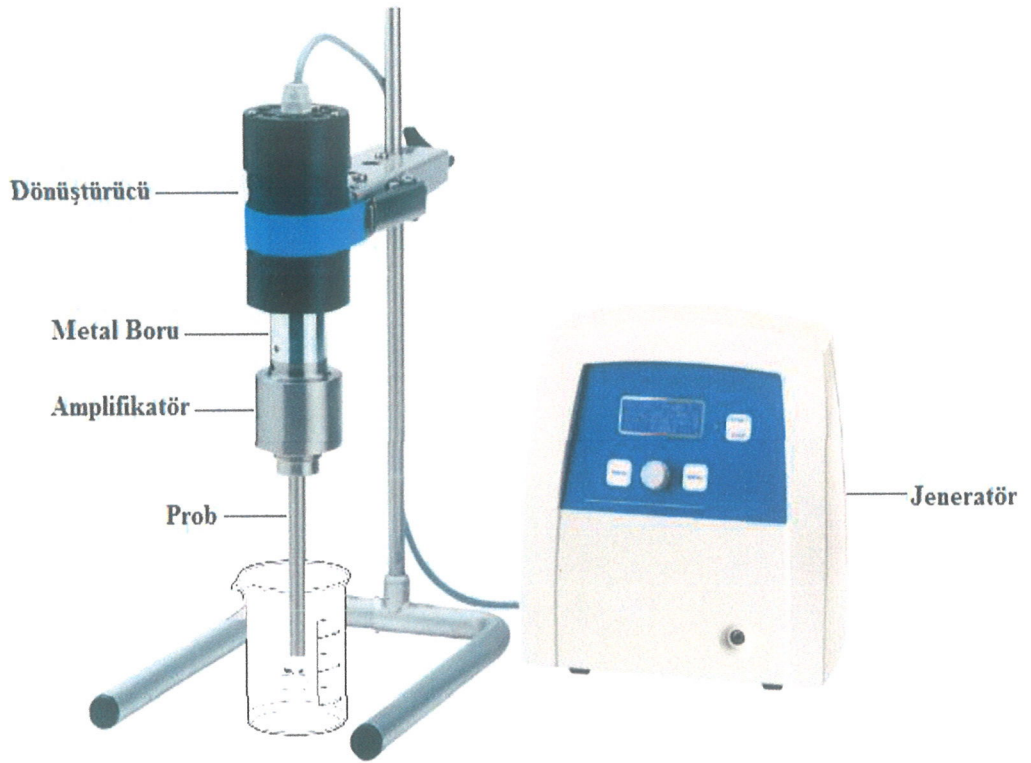
2.2. Ultrasonikasyon

2.2.1. Tanımı

Ultrason veya ultrasonikasyon, insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekanslı (20 kHz -10 MHz) ses dalgaları ile ortaya çıkan bir enerji türüdür (Bhaskarcharya vd, 2009). Söz konusu ses enerjisi üretimini Şekil 2.6'da yer alan ultrasonik ünite

vasıtasıyla anlatmak mümkündür. Üniteye yer alan jeneratör vasıtasıyla belli bir frekans aralığında elektriksel dalgalar üretilmektedir. Üretilen elektriksel titreşimler, genellikle kuartz ve seramik içeren piezoelektrik malzemeden oluşan dönüştürücü tarafından mekanik titreşimlere çevrilmektedir. Ardından, mekanik titreşimler metal boru yardımı ile güçlendirilmekte ve daha sonra amplifikatör sayesinde de numune içerisine daldırılmış olan prob vasıtasıyla sinüzoidal şekilde akustik dalgalar halinde ses enerjisi yayılmaktadır. Bu sinüzoidal dalgalar, sıvı ortamda akustik basınç olarak bilinen bir basınç (P_a) uygulamaktadır ve bu basınç; zaman (t), frekans (f) ve dalganın maksimum basınç genliğine ($P_{a, max}$) bağlıdır (Eşitlik 2.5) (Abbas vd., 2013).

$$P_a = P_{a, max} \sin(2\pi ft) \quad (2.5)$$



Şekil 2.6. Ultrasonik ünite

Ses enerjisi; kayma, ışık huzmeleri ve benzeri fiziksel etkileri ortaya çıkaran düşük frekans - yüksek ses gücü (20 - 100 kHz, $> 1 \text{ W/cm}^2$), serbest radikal oluşumuna sebep olan orta frekans - orta ses gücü (100 kHz - 1 MHz) ve teşhis (tanı) uygulamalarını sağlayan yüksek frekans - düşük ses gücü (1 - 10 MHz, $< 1 \text{ W/cm}^2$) olmak üzere oluşturdukları etkiler açısından frekans ve güç seviyelerine göre gruplara ayrılmaktadır (Bhaskarcharya vd., 2009).

Sıvı bir ortama ultrason uygulandığında, sıvı ve çözünmüş gaz arasındaki ultrasonik dalgaların etkileşimi akustik kaviteye yol açmaktadır. Çözünmüş gaz çekirdeği, çevrelerindeki dalgalanan basınca bağlı olarak akustik alanın etkisi altında titreşmekte, titreşim sırasında, çözünmüş gaz ve çözücü buhar titreşen kabarcıkların içerisine ve dışına doğru difüze olmaktadır. Genleşme fazı esnasında kabarcıkların içerisine doğru difüze olan gaz/buhar miktarı, kabarcığın dışına çıkan miktardan daha fazladır ve bu durum, kabarcıkların bir rezonans boyut aralığına doğru büyümesine yol açmaktadır. Kabarcıklar, rezonans boyut aralığına ulaştığında, akustik bir döngü ile maksimum boyuta kadar büyümekte ve şiddetli bir şekilde patlayarak çok yüksek sıcaklık üretmektedir. Deneysel olarak belirlenen sıcaklıklar yaklaşık 2.000 – 10.000 K (Kelvin) iken, teorik tahminler üretilen sıcaklığın 100.000 K'e kadar çıkabileceği şeklindedir. Sonikasyon uygulanan sıvı ortam içerisindeki su moleküllerinin kaviteye etkisi ile parçalanması sonucunda yüksek oranda reaktif serbest radikaller oluşmakta ($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$) ve bu serbest radikaller diğer moleküllerle etkileşime girebilmekte, hidrojen peroksit oluşumuna ($H_2O + OH^- + H^+ \rightarrow H_2O_2 + H_2$) neden olabilmektedir (O'Donell vd., 2010). Akustik kaviteye, kimyasal tepkimeler üretmenin yanı sıra mikrojetler, kayma kuvvetleri, şok dalgaları ve türbülans gibi şiddetli fiziksel kuvvetler oluşturarak farklı bileşenlerin ortaya çıkmasına da neden olmaktadır (Chandrapala vd., 2012).

2.2.2. Süt Endüstrisinde Ultrasonikasyon Uygulamaları

Süt endüstrisinde ultrasonikasyon uygulamalarının literatürde bir dizi kimyasal/biyokimyasal, fiziksel ve mekanik etki oluşturarak ürün özelliklerinin korunması, pastörizasyon başarısızlıklarının önüne geçilmesi, emülsifikasyon, kristalizasyon, mikroorganizmaların inaktivasyonu, ısı stabilitenin artırılması, homojenizasyon, gaz uzaklaştırılması ve ürün viskozitesinin düzenlenmesi gibi ısı olmayan alternatif bir teknoloji olarak benimsendiği görülmektedir.

Emülsifikasyon, birbiri içerisinde çözünmeyen iki sıvıdan birinin diğeri içerisinde damlacıklar halinde dağıtılması olup ultrasonikasyon ile emülsifikasyon, gıda endüstrisindeki en eski uygulamalardan biridir (Mason vd., 1996). Emülsifikasyon prosesine ultrasonikasyon uygulamasına ilişkin pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde Ashokkumar (2015) 20 kHz ve 176 W güçte 1-8 dakika'lık değişen sürelerde ultrasonikasyon ile homojenize edilmiş pastörize yağsız sütün içerisine %21 oranına kadar keten tohumu yağı ilavesini başarılı bir şekilde kullanmıştır. Uygulamada,

peynir altı suyu (PAS) proteinleri kısmi olarak denatüre edilerek emülsiyonlar kararlı hale getirilmiş ve emülsiyonların 9 gün boyunca stabil oldukları gözlemlenmiştir. Emülsiyon kararlılığının sonikasyon gücüne ve süresine bağlı olduğu bildirilmiştir. O'Sullivan vd. (2014) tarafından sodyum kazeinat, peynir altı suyu ve süt protein izolatları 2 dakika boyunca yaklaşık 34 W/cm² güçte 20 kHz frekansta ultrasonikasyona tabi tutulmuş, söz konusu proteinlerin moleküler yapıları, emülsifikasyon özellikleri ve viskozitelerine bakılmıştır. Sonikasyon uygulanmış proteinlerin emülsifikasyon özellikleri, sonikasyon uygulanmamış örnekler ve Tween 80 emülgatörü ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda, sonikasyon uygulanmış ve uygulanmamış proteinlerin moleküler ağırlıklarında belirgin bir azalma olmaksızın sonikasyon uygulanmış olan proteinlerin ultrasonik kavitasyona bağlı olarak yüksek kayma gücü nedeniyle protein miselleri ve hidrodinamik hacimlerinde bir azalma olduğu görülmüştür. İlaveten, şaşırtıcı bir sonuç olarak sodyum kazeinat ve PAS protein izolatlarının ultrasonikasyonları ile elde edilen emülsiyonlardaki emülsiyonların stabilitesi, optik özellikleri, reolojisi ve duyuşal özellikleri üzerinde önemli etkileri (Mc Clements, 1999) olan damlacık büyüklükleri (0,64 µm), sonikasyon uygulanmamış örnekler ile aynı bulunmuştur. Anandan vd. (2016) tarafından, homojenize edilmiş yağsız pastörize süt içerisine çörek otu yağının karıştırılması üzerine yapılan bir çalışmada %7'sini çörek otu yağı ve %93'ünü de pastörize homojenize yağsız sütün oluşturduğu bir emülsiyon hazırlanmıştır. Emülsiyon, düşük frekansta (20 kHz) yüksek güçte (100 W/cm²) 2, 6, 8, 10 ve 12 dakikalık sürelerde ultrasonikasyona tabi tutulduktan sonra 8 gün boyunca 4±2°C'de depolanmış ve sekizinci günün sonunda damlacık boyutları ölçülmüştür. En küçük damlacık büyüklüğü 8 dakika US uygulamasında gözlemlenmiştir. Bu nedenle %7'lik yağ-süt emülsiyonları %20, 30 ve 40 genlik güçlerinde 4±2°C'de 8 dakika boyunca sonike edilmiş ve 8 gün boyunca depolanmıştır. %40 genlik gücünde sonike edilen emülsiyonun 8. gün sonunda stabilitesi %100 olarak bulunmuştur.

Bilindiği üzere, süt yağının ana bileşenleri olan trigliseritler, içerdikleri yağ asitlerinin çeşitliliği nedeniyle farklı erime ve katılaşma davranışı göstermektedirler. Yaz aylarında süt yağında bulunan doymamış yağ asitleri yüksek, kış aylarında ise daha düşük konsantrasyonda bulunmaktadır. Dolayısıyla yazın elde edilen kremalardan elde edilen tereyağları daha yumuşak, kışın üretilen tereyağları ise daha sert hatta kırılğan bir yapıya sahip olabilmektedirler. Tereyağının sürülebilme yeteneğindeki mevsimsel olumsuzluğu dengeleyebilmek için kristalizasyon işlemi kullanılmaktadır (Oysun ve Gönç, 1994). Yüksek yoğunluklu ultrasonikasyonun, susuz (anhidro) süt yağının kristalizasyon davranışı üzerine etkisini belirlemek üzere Martini vd. (2008) tarafından yapılan bir

çalışmada laboratuvar ortamında 26 ve 28°C sıcaklıktaki susuz süt yağına 20 kHz frekansta 5, 20, 30 ve 50 W güçte 5 ve 10 saniye süreyle ultrasonikasyon uygulanmıştır. 50 W güçte, 10 saniye yapılan uygulamada daha küçük kristallerin üretimiyle susuz süt yağında kristalizasyon meydana gelmiştir (Martini vd., 2008). Yüzey alanı fazla olan küçük kristaller, fazla miktarda likit yağı adsorbe etmektedir. Bu şekilde kristallere bağlanan likit fazın mekanik işlemlerle serbest faza geçme miktarı az olduğu için üretilen tereyağlarının kıvamı, klasik yöntemlerle üretilenlere göre daha sıkı olmaktadır (Oysun ve Gönç, 1994).

Laktoz [4-(β-D-galaktosido-)-D-glukoz], ticari olarak inek sütünün peyniraltı suyundan üretilmektedir (Dhumal vd., 2008). Laktozun; şekerlemeler, unlu mamuller, şuruplar, çikolatalı içecekler gibi pek çok gıda ürününün üretiminde kritik bir kullanım alanına sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle laktoz üretimi günümüzde önem kazanmıştır. Geleneksel olarak yapılan laktoz imalatındaki kristalleştirme işlemi, amorf laktozun püskürtülerek ve dondurularak kurutulmasında ortaya çıkan, uzun zaman alan ve düşük kristalizasyon oranlarına sahip bir faz geçişidir (Ross, 1993). Ultrasonikasyon yoluyla kristalizasyon ise ultrasonikasyon uygulaması sırasında ortaya çıkan kavitasyon mekanizması vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Reucroft vd., 2005). Bund ve Pandit (2007) tarafından 22 kHz'e ayarlanmış bir banyo düzeneğinde, %17,5 (w/v) laktoz çözeltisinin (pH 4,2'de %88 (v/v) etanol ihtiva eden) sonike edilerek kristalleşmesinin hızı ve verimi artırılmıştır. 5 dakikalık ultrasonikasyon sonucunda, laktozun yaklaşık %92'si geri kazanılmışken sonike edilmemiş fakat mekanik olarak karıştırılmış (500 rpm) örneklerin %15'i geri kazanılmıştır. Buna, etanol/su karışımı içindeki laktozun çözünürlüğünü azaltan etanolün varlığından dolayı çözeltinin buhar basıncının hızlı bir şekilde düşürülmesine yardımcı olan kavitasyonun neden olduğu belirtilmiştir. Benzer bir şekilde Patel ve Murthy (2009) tarafından 120 W güçteki bir ultrasonik banyo düzeneğinde %12-18 (w/v) laktoz çözeltisi (%75-85 (v/v) aseton ihtiva eden) 2-8 dakika süre ile sonike edilmiştir. 4 dakikalık ultrasonikasyon süresi sonucunda, laktozun %80-92'sinin geri kazanıldığı tespit edilmiştir. Zamanipoor vd. (2013) tarafından laktozun ultrasonikasyon yoluyla kristalizasyonu üzerine yapılan bir çalışmada, 20 kHz sabit frekansta ve 22±1°C sıcaklıkta, ultrasonik bir prob ile laktozun sulu çözeltisine ultrasonikasyon uygulanmıştır. Ultrasonikasyon uygulanan örnekler kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, ultrasonikasyon uygulananların nükleasyon hızının 10,6 kat, kristalizasyon veriminin ise 5,6 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Homojenizasyon, süt endüstrisinde faz ayrılmasını önlemek, yağ globullerinin boyutlarını küçültmek ve stabilitesini artırmak amacıyla farklı teknikler ile gerçekleştirilen

en önemli basamaklardan biridir. Özellikle süte, yoğurt ve dondurma üretiminde hem laboratuvar ortamında hem de endüstriyel şartlarda sütün kimyasal bileşimini değiştirmeden homojenizasyon aşamasında ultrasonikasyon uygulamaları yapılmıştır (Mason vd., 1996). Örneğin, Ertugay vd., (2004) tarafından süt homojenizasyonu üzerine ultrasonikasyon işleminin etkisi araştırılmıştır. 20 kHz sabit frekansta 5 ve 10 dakikalık sürelerde %20, 40, 80 ve 100 genlik güçlerinde (yaklaşık 90, 180, 360 ve 450 W'a karşılık gelen) süte ultrasonikasyon işlemi uygulanmıştır. Diğer yandan kontrol örnekleri 55°C'de 200 bar basınçta bir homojenizatör ile homojenize edilmiştir. Klasik homojenizasyon ile karşılaştırıldığında yüksek güçte ultrasonikasyon uygulamasının, süt homojenizasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. En yüksek homojenizasyon etkinliği 10 dakikalık işlem zamanı ve %100 (450W) işlemci güç seviyesinde elde edilmiştir. Bermudez-Aguirre vd. (2009) tarafından 30 dakika boyunca süt örnekleri 24 kHz frekansta ve 400 W güçte ultrasonikasyona tabi tutulmuş, akustik kavitasyon ortamdaki triaçilgliserollerin serbest kalmasına neden olunmuştur. Wu vd. (2001), homojenize edilmemiş pastörize süte, 1, 6 ve 10 dakika sürelerde 20 kHz'te %20, 50 ve 100 işlemci gücünde (sırasıyla yaklaşık 90, 225 ve 450 W yoğunluğa karşılık gelmekte) ultrasonikasyon uygulamış, sonikasyon gücü ve süresi arttıkça, yağ boyutunun küçüldüğü bulunmuştur. Al-Hilphy vd. (2012), manda sütünü 25 kHz frekansta, 338 ve 430 W güçte, 5, 10 ve 15 dakika ultrasonikasyona tabi tutarak elde edilen homojenizasyon etkinliğini 200 bar basınç ve 55°C sıcaklıkta gerçekleştirilen konvansiyonel homojenizasyon ile yapılan homojenizasyonun etkinliği ile karşılaştırmışlardır. Uygulamanın hemen sonrasında ve 48 saat sonra homojenizasyon etkinliği ölçülmüştür. Araştırmacılar, en düşük homojenizasyon indekslerinin (yüksek verimlilik) 430 W ve 338 W için %2 ve 3 olduğunu, homojenizasyon indeksinin ultrasonikasyon süresi ve gücü ile ters orantılı olarak değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Ultrasonikasyon uygulaması, özellikle ısıya karşı hassas bileşenlere sahip yüksek yağ içerikli gıda örneklerinde mikrobiyal inaktivasyon için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Chemat vd., 2011). Ancak sadece ultrasonikasyon ile mikrobiyal inaktivasyon için çok yüksek güç derecelerinde sonikasyon gerekmektedir. Bu nedenle genellikle ultrasonikasyonun başka bir teknoloji (bakterisid kullanımı, pastörizasyon vb.) ile birlikte kullanılması olumlu sonuçlar vermektedir. ultrasonikasyon ve ısıl işlem arasındaki sinerji, ilk olarak 1987 yılında Ordoñez ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, *Staphylococcus aureus* bakterisi ile tanımlanmıştır. Mikrobiyal inaktivasyonun ultrason uygulanması ile meydana gelen akustik kavitasyon sonucunda açığa çıkan OH⁻

radikalleri ve H₂O₂ (hidrojen peroksit) ile ilişkili olduğuna dair literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Ultrasonikasyonun mikroorganizmalar üzerindeki etkisi sıklıkla hücre duvarı membranlarının incilmesi, kavitasyona bağlı olarak bölgesel sıcak noktalar oluşması ve ortamda serbest radikallerin oluşumu ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca ultrasonikasyon ile oluşturulan mekanik kuvvetlerin de mikroorganizmanın hücre duvarında hasarlara neden olduğu belirtilmektedir (Paniwnyk, 2017).

Cameron vd., (2009) tarafından US uygulamasının süt endüstrisinde pastörizasyon işlemine alternatif ısı olmayan bir metot olarak kullanıp kullanılmayacağı üzerine bir çalışma yapılmıştır. 20 kHz frekansta 750 W güçte 2,5, 5, 6, 7,5 ve 10 dakika süresince *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Listeria monocytogenes* inokule edilmiş UHT süt örneklerine US uygulanmıştır. Çalışma sonucunda US uygulamasının 10. dakikasında *Escherichia coli* inaktivasyonu %100 oranında, 6. dakikasında *Pseudomonas fluorescens* inaktivasyonu %100 oranında ve 10. dakikasında *Listeria monocytogenes* sayısını 2 log azalarak inaktivasyonu %99 oranında sağladığı tespit edilmiştir. Sherba vd. (1991) tarafından *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerinin, *Trichophyton mentagrophytes* mantarı, feline herpesvirüs tip-1 (FHV-1) ve feline calicivirüsün (FCV) sulu süspansiyonlarına 26 kHz frekansta düşük, orta ve yüksek güç seviyelerinde 1, 2, 4, 8, 16 ve 32 dakika sürelerde ultrasonikasyon uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan dört bakteri üzerinde uygulama süresinin etkili olduğu ancak *Escherichia coli* hariç diğer üç bakterinin ölüm yüzdesi ile ultrasonikasyon uygulama gücü arasında doğru orantılı bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Raso vd. (1998), statik basınç altında ultrasonik işlemlerle kombine bir şekilde basınç ve ısı işlemleri kullanarak *Bacillus subtilis* sporlarının inaktivasyonunu araştırmıştır. Çalışmada 500 kPa basınç altında, 117 µm genlikte, 12 dakika manosonikasyon uygulandığında, *Bacillus subtilis* sporlarının yaklaşık %99'unun inaktive edildiği bulunmuştur. 90 µm genlikte manosonikasyon uygulaması (20 kHz frekans, 30 kPa basınç, 70°C sıcaklık ve 12 dakika muamele süresi), *B. subtilis* spor popülasyonunun %75'ini inaktif hale getirmiş, aynı işlem 150 µm genlikte uygulandığında ise popülasyonun %99,9'u inaktive olmuştur. D'Amico vd. (2006), önceden içerisine 8 log kob/mL *Listeria monocytogenes* inokule edilmiş olan UHT süte 18 dakika süre ile hafif ısı (57±1 °C) ile kombine şekilde ultrasonikasyon (20 kHz frekans, %100 güç seviyesi, 150 W akustik güç, 118 W/cm² akustik yoğunluk) uygulamış, sütteki *L.monocytogenes* sayısında 5,34 log kob/mL azalma tespit etmiştir. Juraga vd. (2011), yüksek yoğunluklu ultrason kullanımı (20 kHz frekans, 600 W güç, 60, 90 ve 120 µm genlik, 6, 9 ve 12 dakika muamele süresi)

ile 20, 40 ve 60°C sıcaklıktaki çiğ sütte bulunan *Enterobacteriae*'nin inaktivasyonunu araştırmıştır. Araştırmacılar mikroorganizmaların inaktivasyonunun, ultrasonik dalgaların genliğine, mikroorganizmalarla temas süresine ve uygulama sıcaklığına bağlı olduğunu bulmuşlardır. En düşük *Enterobacteriae* sayımı (1,06 log kob/mL) 120 µm genlik, 12 dakika muamele süresi ve 60°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Bilindiği gibi, süt içerisinde sütün işlenmesi sırasında bir takım temel sorunların ortaya çıkmasına sebep olan hava bulunmaktadır. Bu hava, klasik yöntemler olan hava separatörleri ve vakum altında hava ayırıştırıcıları ile ayrılmaktadır. Rekonstüte yağsız sütteki gazın ayırıştırılması için, 20 kHz frekansta ultrasonikasyon uygulaması yapılmış olan bir çalışmada, 20°C'de 3 dakikalık uygulama sonunda sütteki gazın %80'inin ayrıldığını gözlemlemiştir (Villamiel vd., 2000).

Peynir altı suyu protein çözeltileri, belirgin bir şekilde yüksek protein içeriğine (ağırlıkça %4 - 15) sahiptir. Peynir altı suyu proteinleri konsantre hale getirilirken $\geq 70^{\circ}\text{C}$ 'lik ısı işleme tabi tutulmaktadır (Chandrapala ve Leong, 2015). Söz konusu ısı işlem proteinlerin denatürasyonuna sebep olmakta (Chandrapala ve Leong, 2015) ve protein çözeltilisinin viskozitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Chandrapala vd., 2012). Ashokkumar vd. (2009) tarafından 20 kHz frekansta peynir altı suyu çözeltilerine ultrasonikasyon uygulaması ile viskozite artışının önemli düzeyde azaltıldığı, ısı stabilitenin ise arttığını bildirmiştir.

2.2.3. Ayran Üretiminde Ultrasonikasyon Uygulamaları

Bilgilerimize göre ayran üretiminde ultrasonikasyon kullanımı ile ilgili ilk çalışma Ertugay vd. (2012) tarafından ayran serum ayrılmasının azaltılması amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada yoğurda %40 su ve %1 tuz katılarak üretilen ayran örneklerine 20 kHz frekansta çalışan bir ultrasonikasyon işlemcisiyle yaklaşık 23 W (%40), 33 W (%60) ve 45 W (%80) genlik seviyesinde 2 ve 4 dakika ultrasonikasyon uygulanmış ve uygulama sonrasında örneklerin serum ayrılması ve viskozite değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek viskozite ve serum ayrılması değerleri ~45 W (%80) genlik seviyesinde 4 dakika ultrasonikasyon uygulanan örneklerde belirlenmiştir.

Konu ile ilgili bir diğer çalışmada yüksek güçlü (400 W ve 24 kHz) ultrasases işleminin ayran üretiminde süte uygulanan ısı işlem yerine kullanımının son ürünün fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Kurt, 2013). Bu amaçla, pastörize homojenize yağlı ve yağsız sütlere farklı güç, sıcaklık ve sürede (%25-100 güç, 20-60°C,

10-30 dakika) ultrasonikasyon işlemi uygulanarak tuzlu ve tuzsuz ayran üretilmiş ve üretilen ayranlar 30 gün 4°C'de depolanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı %100 güç ve 60°C'de 30 dakika ultrasonikasyon işlemi uygulanan süttten üretilen ayranda belirlenmiştir. Yine ultrasenin örneklerde yabancı bir yanık tat ve kokuya sebep olduğu tespit edilmiştir.

Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel yöntemle üretilen ayranlara farklı sıcaklık (60, 70 ve 80°C) ve sürelerde (1,3 ve 5 dakika) ultrasonik su banyosu (35 kHz) kullanılarak uygulanan ultrasonikasyon (termosonikasyon) işleminin ayranların 30 gün 4°C'de depolanması süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda en düşük serum ayrılmasının 70°C'de 3 dakika termosonikasyon uygulanan örnekte olduğu belirlenmiştir. Örneklerinin görünür viskozite değerlerinin ultrasonikasyon sırasında uygulanan sıcaklığın ve sürenin artışı ile ters yönlü bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, araştırmacılarca termosonikasyon işlemi kullanılarak üretilen ayranların duyuusal özelliklerinin geleneksel yöntemle üretilen ayranlardan daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

Gürsoy vd. (2016) ayran üretiminde kullanılan geleneksel ısı işlem (90°C'de 10 dakika) yerine 70°C'ye ısıtılan sütlere uygulanan 100, 125 ve 150 W güç seviyelerinde 15 dakika ultrasonikasyon (termosonikasyon) işleminin ayranın fizikokimyasal ve reolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda yüksek güçte termosonikasyon işleminin ayranların genel kompozisyonu ve CIE renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ($p>0,05$), ancak serum ayrılmasını azalttığı ve görünür viskoziteyi arttırdığı bulunmuştur. Aynı araştırmada üretilen ayran örneklerinin Newton tipi olmayan akış özelliği gösterdiği de ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

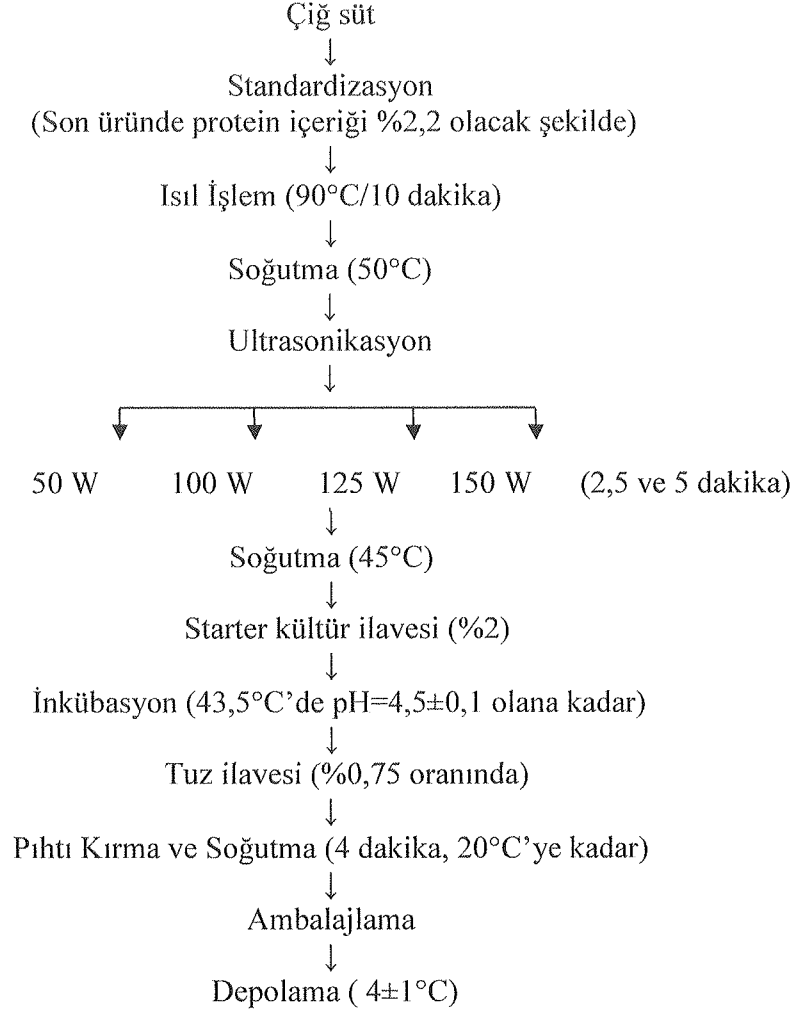
Bu çalışmada kullanılan çiğ süt örnekleri, Burdur ili İnsuyu Kasabası'nda bulunan bir çiftlikten temin edilmiştir. Ayran üretimlerinde, Maysa Gıda San. ve Tic. A.Ş. (Kozyatağı, İstanbul)'den temin edilen *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren liyofilize ayran kültürü (Y812) kullanılmıştır. Kültür, üretici firmanın önerileri doğrultusunda aktive edilmiş ve kullanım oranı üretici firmanın önerileri ve yapılan ön deneme testleri sonucunda belirlenmiştir. Üretimlerde iyotsuz sofrata tuzu kullanılmıştır. Üretilen ayranlar 0,5 L'lik cam şişelerde depolama süresinin sonuna kadar muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ayran Üretimi

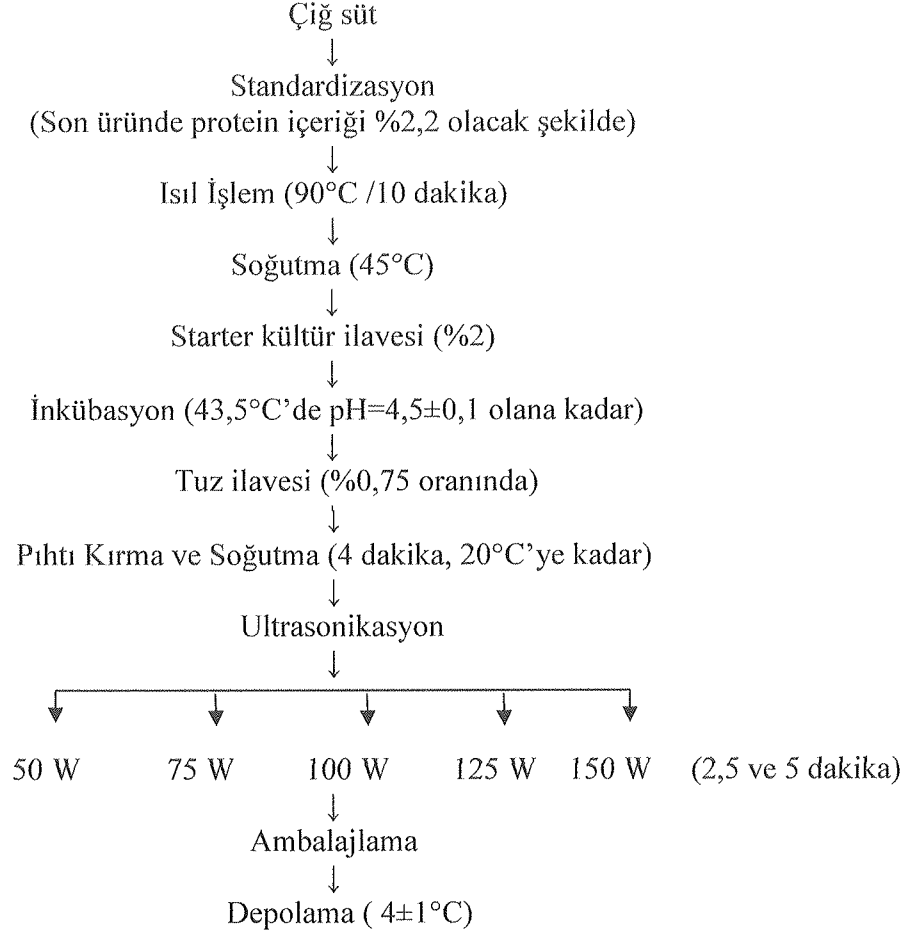
Ayranlar starter kültür ilavesinden önce ve karıştırma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanarak 2 farklı yöntemle laboratuvarında üretilmiştir.

Starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulanarak üretilecek olan ayranlar için standardize süt örnekleri 90°C'de 10 dakika ısıtılma tabii tutulmuş daha sonra su banyosunda 50°C'ye soğutulmuştur. Soğutulmuş olan süte 50, 100, 125, 150 W güç seviyelerinde ve her bir güç seviyesinde 2,5 dakika ve 5 dakika olmak üzere iki farklı ultrasonikasyon işlemi uygulanmıştır. Belirtilen sürelerin sonunda süt örnekleri inokülasyon sıcaklığına (45°C) soğutulmuş ve soğutulan süt içerisine %2 oranında starter kültür inoküle edilmiştir. İnkübasyon ortalama pH 4,5-4,6 seviyesine ulaşıncaya sonlandırılmıştır. İnkübasyonu tamamlanan örnekler, derhal 4°C'lik sirkülasyonlu su banyosuna alınmış, %0,75 oranında tuz ilavesi yapıldıktan sonra 4 dakika boyunca hızlı bir şekilde karıştırılarak (pıhtı kırma) sıcaklığın 20°C'ye düşmesi sağlanmıştır. Üretilen ayranlar, 0,5 L'lik cam şişelere alınarak 4±1°C'de 10 gün süre ile depolanmıştır (Şekil 3.1). Depolamanın 1, 5 ve 10. günlerinde ayran örneklerinin bazı fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.1. Ayran üretimi akış şeması

Pıhtı kırma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranlar için standardize süt örnekleri 90°C'de 10 dakika boyunca ısıya tabi tutulmuş daha sonra su banyosunda mayalama sıcaklığı olan 45°C'ye soğutulmuştur. Soğutulan süte %2 oranında starter kültür inoküle edilerek süt ortalama pH 4,5-4,6 seviyesine ulaşmaya kadar inkübatörde bekletilmiştir. İnkübasyonu tamamlanan örnekler, derhal 4°C'lik sirkülasyonlu su banyosuna alınmış, %0,75 oranında tuz ilavesi yapıldıktan sonra 4 dakika boyunca hızlı bir şekilde karıştırılarak (pıhtı kırma) sıcaklığın 20°C'ye düşmesi sağlanmıştır. Üretilen ayranlara 50, 75, 100, 125 ve 150 W güç seviyelerinde ve her bir güç seviyesinde 2,5 dakika ve 5 dakika olmak üzere ultrasonikasyon işlemi uygulanmış ve 0,5 L'lik cam şişelere alınarak 4±1°C'de 10 gün süre ile depolanmıştır (Şekil 3.2). Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde ayran örneklerinin bazı fizikokimyasal ve duyu özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.2. Ayran üretimi akış şeması

3.2.2. Ultrasonikasyon Uygulaması

Ultrasonikasyon uygulamaları, 24 kHz'lik sabit frekansta çalışan bir ultrasonik işlemci (Bandelin Sonopuls UW3200, Almanya) ile 13 mm çapında bir ultrasonik prob (TT13) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi pastörize edilmiş olan 90°C'deki süt örnekleri +4°C sıcaklıktaki sirkülasyonlu su banyosu içerisinde sıcaklık 50°C'ye düşüncüye kadar bekletilmiştir. Sıcaklık 50°C'ye düştükten sonra örnekler, ısıl dengenin sağlanması amacıyla sıcaklığı 50°C'ye ayarlanmış olan su banyosuna alınarak 5 dakika süresince örnek sıcaklıklarının 50°C'de kalması sağlanmıştır. Pıhtı kırma sonrası ultrasonikasyon uygulanan örneklere uygulama inkübasyon sonrası pıhtı kırma/soğutma aşamasından sonra 20°C'de yapılmıştır. Ultrasonik prob örneklerin bulunduğu beherlerin geometrik merkezine daldırılmıştır. 50, 75, 100, 125 ve 150W güç seviyelerinde 2,5 ve 5'er dakika süresince her bir örnek ultrasonikasyona maruz bırakılmıştır.

3.2.3. Kimyasal ve Fizikokimyasal Analizler

Çiğ süt örneklerinin toplam kurumadde, yağ, laktoz ve protein içerikleri Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama Merkezi'nde bulunan Bentley 150 Combi (Bentley B150, Bentley Instruments Inc., ABD) süt analiz cihazı ile belirlenmiştir. Süt ve ayran örneklerinin pH değerleri bir pH metre (Jenco 6173, Jenco, San Diego, CA, ABD) ile ölçülmüştür. Süt ve ayran örneklerinin titrasyon asitlikleri sırasıyla TS 1018 (Anonim, 1981) ve Oysun (2001)'e göre belirlenmiştir. Ayran örneklerinin toplam kurumaddesi, bir nem tayin cihazı (KERN DBS 60-3, KERN & SOHN GmbH, Balingen, Almanya) ile yağ içeriği Gerber santrifüjünde (Funke Gerber Nova Safety, Funke-Dr.N.Gerber Labortechnik GmbH, Berlin, Almanya) Oysun (2001)'e göre, tuz miktarı Mohr Yöntemi ile ve toplam azot miktarı Dumas metodu kullanılarak Dumatherm marka azot tayin cihazı (Dumatherm, Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Protein içeriği 6.38 faktörü kullanılarak toplam azot miktarı üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.4. Serum Ayrılması

100 mL'lik mezürlere alınan ve 4°C'de 10 gün boyunca depolanan ayran örneklerinin 1., 5. ve 10. depolama günlerindeki serum ayrılması değerleri ayrılan serum miktarının hacminin okunması ile belirlenmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2003; Gursoy vd., 2016).

3.2.5. Reolojik Analizler

Starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların reolojik ölçümleri küçük örnek adaptörü kullanılarak SC4-21 kodlu mil (spindle), inkübasyon sonrası pıhtı kırma ve soğutma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların reolojik ölçümleri ise RV-2 kodlu mil kullanılarak Brookfield viskozimetresi (Model DV2T, Brookfield Engineering Laboratories, ABD) ile gerçekleştirilmiştir.

Starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların reolojik analizleri için küçük örnek adaptörü içerisindeki numune kabına 8 mL ayran numunesi konulmuş ve ölçümler 4,5°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık sirkülasyonlu soğutmalı su banyosu ile sabit tutulmuştur. Pıhtı kırma aşamasından sonra

ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların reolojik ölçümleri ise 700 mL beher içerisine 600 mL ayran numunesi konarak 4,5°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. 100 rpm'den 170 rpm'e kadar 10'ar birimlik dönüş hızı artışlarına karşılık gelen her bir dönüş hızında 15'er saniye aralıklarla numunelerin kayma oranı (1/s), kayma gerilimi (dyn/cm^2), viskozite (cp) ve tork (%) değerleri ölçülmüş ve cihaz tarafından her bir ölçüm 3 defa tekrarlanarak 3 ölçümün ortalaması alınmıştır. Akış davranış indeksleri (n) ve kıvam katsayıları ($K, \text{Pa.s}^n$) Üssel Model kullanılarak hesaplanmıştır, $\delta = K(\gamma)^n$, kayma gerilimi δ (Pa) ve kayma oranı γ (s^{-1})'dır (Steffe, 1996). Ürünlerin görünür viskozite değerleri 170 rpm dönüş hızında belirlenmiştir.

3.2.6. Renk Tayini

Ayran örneklerinin CIE (Commission International de L'Eclairage) L^* , a^* ve b^* renk değerleri kolorimetre (Model CR-400, Konika Minolta, Japonya) kullanılarak depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde belirlenmiştir. Renk analizleri D65 aydınlatıcı, 10° gözlemci açısı ve 8 mm çaplı diyafram kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında kolorimetrenin üreticisi tarafından sağlanan bir optik cam hücrenin içerisinde 5 mL ayran örneği kullanılarak 3'er saniye aralıklarla 4 ölçüm alınarak yapılmıştır. Ölçümlerde L^* (aydınlık değeri) için, 0 siyahı ve 100 beyazı göstermektedir. a^* ve b^* pozitif değerleri sırasıyla kırmızı ve sarı, a^* ve b^* negatif değerleri sırasıyla yeşil ve maviyi göstermektedir (Gursoy, 2000; Gursoy vd., 2016).

3.2.7. Mikroyapının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Görüntülenmesi

Ultrasonikasyon uygulamasının ayran örneklerinin mikroyapılarında meydana getirdiği muhtemel değişikliklerin izlenmesi için ayran örneklerinin (kontrol, 50 ve 150 W'da 5 dakika ultrasonikasyon uygulanan ayran örnekleri) SEM görüntüleri alınmıştır. Liyofilize edilmiş ayran örneklerinin SEM görüntüleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan SEM cihazı (JEOL SEM-7100-EDX, Jeol Inc., ABD) kullanılarak elde edilmiştir. Liyofilize örneklerin SEM görüntülerinin alınabilmesi için toz halindeki örnekler çift taraflı C band yapıştırılmış stublar üzerine yapıştırılmıştır. Numunelerin iletkenlik özelliklerini arttırmak için kaplama cihazında (Quorum SC7620, Quorum Technologies Limited®, İngiltere)

8×10^{-1} mbar/Pa vakum ve 10 mA voltaj uygulanarak altın-paladyum (%80-20) kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. SEM fotoğrafları 10 kV voltaj uygulanarak çekilmiştir.

3.2.8. Mikrobiyolojik Analiz

Ultrasonikasyon uygulamasının starter kültür üzerine etkisini gözlemlemek amacı ile ayran üretimi sonrası ultrasonikasyon uygulanan örneklerin toplam laktobasil ve toplam laktokok sayımları gerçekleştirilmiştir. Ayran numuneleri tamponlanmış peptonlu su (Peptone water buffered; acc. to ISO 6579, Merck, Almanya) ile seyreltilerek 10^{-7} dilüsyona kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan paralelli olarak steril petrilere 1'er mL aktarılmıştır. Daha sonra 45°C'lik su banyosunda bekletilen MRS Agar'da (Lactobacillus Agar acc. to DE MAN, ROGOSA and SHARPE, Merck, Almanya) laktobasillerin ve M17 Agar'da (M17 Agar acc. to Terzaghi, Merck, Almanya) laktik streptokokların sayımlarını gerçekleştirmek amacı ile besiyerlerinden petrilere yaklaşık 15-16 mL dökülmüş ve 8 şeklinde dairesel hareketlerle besiyeri-dilüsyon karışımının homojen dağılım sağlanmıştır. Besiyeri dökülen petrilere 15-20 dakika sonra ters çevrilerek 37°C'deki inkübatöre kaldırılmıştır. Toplam laktokok sayımları aerobik, laktobasil sayımları ise anaerobik ortamda gerçekleştirilmiştir. 48 saat sonra 30-300 arasında koloni oluşan petrilere sayılarak ayranların mikrobiyal yükü tespit edilmiştir.

3.2.9. Duyusal Analiz

Ayran örneklerinin duyusal olarak değerlendirilmesinde hedonik test (7'li hedonik skala) kullanılmıştır (Bodyfelt vd. 1998). Duyusal analiz, her bir güç seviyesinde 2,5 ve 5 dakika süresince ultrasonikasyon ile muamele edilerek üretilen her iki ayran grubu için de depolamanın 1. ve 10. gününde gerçekleştirilmiştir. Panelistlere aynı anda en fazla 6 örnek sunulmuş ve duyusal paneller eğitimsiz 24 panelist katılmıştır. Panelistler ayran tüketmeyi seven Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi akademik ve idari personeli ile öğrencilerinden oluşmuştur. Panelistlerden tadımı yapılan her bir ayran numunesi için 1'den (hiç beğenmedim) 7'ye (çok beğendim) kadar beğeni durumunu belirtmesi istenmiştir. Duyusal değerlendirmede kullanılan form Ek-1'de yer almaktadır. Panelistlere ayran numunelerinin tadımından sonra ağızda kalan hissin giderilmesi için su ve tuzsuz ekmek tüketmeleri istenmiştir.

3.2.10. İstatistiksel Analizler

Ayranların genel kompozisyonu ve fizikokimyasal özelliklerine, uygulanan ultrasonikasyon işlemi (gücü ve süresi) ve depolama süresinin etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu amaçla The SAS System for Windows 9.0 (Chicago, ABD) istatistiksel analiz paket programı kullanılmıştır. ANOVA sonucunda önemli çıkan ortalamaların gruplandırılması için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar $p < 0,05$ düzeyinde test edilmiş olup araştırma iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çiğ Sütün Bileşimi

Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği'ne göre çiğ inek sütünde protein en az %2,8; süt asidi en az %0,135–0,2; yağ en az % 3,5 ve yağsız kurumadde en az %8,5 olmalıdır (Anonim, 2006). Çalışma kapsamında ayran üretiminde kullanılan çiğ süt bileşimine ilişkin veriler Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Çizelge 4.1 incelendiğinde çiğ sütün tebliğde belirtilen minimum gerekliliklerin üzerinde bir kaliteye sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan çiğ süt bileşimi

Bileşen (%)	A	B
Yağ	3,95 ± 0,07	3,62 ± 0,46
Protein	3,30 ± 0,07	3,20 ± 0,06
pH	6,45 ± 0,07	6,55 ± 0,01
Kurumadde	13,06 ± 0,12	12,69 ± 0,12
Laktoz	4,66 ± 0,07	4,73 ± 0,10

*A: Starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulanarak elde edilen ayranların üretiminde kullanılan çiğ süt

* B: İnkübasyon sonrası pıhtı kırma ve soğutma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanarak elde edilen ayranların üretiminde kullanılan çiğ süt

4.2. Starter Kültür İlavesinden Önce Ultrasonikasyon Uygulanarak Üretilen Ayranlara İlişkin Bulgular

4.2.1. Ayran Örneklerinin Genel Kompozisyonu

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Anonim, 2009) çerçevesinde ayranların kompozisyonları değerlendirildiğinde; çalışma kapsamında üretilen ayranların yağ içeriği sınıflandırmasına göre tam yağlı oldukları, aynı zamanda genel olarak kurumadde ve protein içeriği bakımından da tebliğe uygun oldukları gözlenmektedir. Bunun yanında, istatistikî analiz sonuçları, ultrasonikasyon uygulamasının ayranların genel bileşimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını ortaya çıkarmıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Ayran örneklerinin kimyasal kompozisyonu

Uygulama Gücü (W)	Uygulama Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)
0	0	1	9,46±0,60	2,17±0,26	2,04±0,60
		5	9,42±0,55	2,17±0,26	2,04±0,60
		10	9,70±0,88	2,17±0,26	2,04±0,60
50	2,5	1	9,70±0,77	2,17±0,26	2,23±0,77
		5	9,67±0,74	2,17±0,26	2,23±0,77
		10	9,70±0,77	2,17±0,26	2,23±0,77
	5	1	9,62±0,69	2,25±0,28	2,53±0,69
		5	9,81±0,91	2,25±0,28	2,53±0,69
		10	9,88±0,99	2,25±0,28	2,53±0,69
100	2,5	1	9,84±0,55	2,35±0,28	2,29±0,55
		5	9,96±0,69	2,35±0,28	2,29±0,55
		10	10,16±0,91	2,35±0,28	2,29±0,55
	5	1	9,77±0,59	2,22±0,43	2,55±0,59
		5	9,82±0,64	2,22±0,43	2,55±0,59
		10	10,04±0,89	2,22±0,43	2,55±0,59
125	2,5	1	9,71±0,47	2,07±0,26	2,16±0,47
		5	9,86±0,64	2,07±0,26	2,16±0,47
		10	9,95±0,74	2,07±0,26	2,16±0,47
	5	1	9,79±0,53	2,10±0,18	2,11±0,53
		5	9,83±0,58	2,10±0,18	2,11±0,53
		10	9,95±0,72	2,10±0,18	2,11±0,53
150	2,5	1	9,85±0,64	2,20±0,23	2,42±0,64
		5	9,86±0,66	2,20±0,23	2,42±0,64
		10	9,96±0,78	2,20±0,23	2,42±0,64
	5	1	9,70±0,55	2,17±0,32	2,58±0,54
		5	9,85±0,71	2,17±0,32	2,58±0,54
		10	9,86±0,73	2,17±0,32	2,58±0,54

4.2.2. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri

CIE sistemine göre L* aydınlık, a* kırmızı-yeşil, b* ise sarı-mavi değerine karşılık gelmektedir ve her bir renk değeri X,Y,Z koordinatları üzerinde konumlanmıştır. Y eksenindeki L* değerleri 0-100 aralığında bir skalaya sahiptir ve ürün L* değeri 0'a doğru yaklaştıkça siyah renge, 100'e doğru yaklaştıkça beyaz renge dönmektedir. X ekseninde yer alan a* değeri pozitif alanda ise kırmızıya, negatif alanda ise yeşile; Z ekseninde yer alan b* değeri pozitif alanda ise sarıya, negatif alanda ise maviye dönüklük olarak tanımlanmaktadır (Altuğ Onoğur vd., 2011). Ayıranda L* değeri belirgin bir kalite parametresidir (Gürsoy vd., 2016).

Yapılan istatistiksel analizde ayran örneklerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine ultrasonikasyon gücü, ultrasonikasyon süresi, depolama süresi ile ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi, ultrasonikasyon gücü x depolama süresi, ultrasonikasyon süresi x depolama süresi ve ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi x depolama süresi interaksiyonlarının etkili olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Üretilen ayranların L* değeri ortalamalarına bakıldığında (Çizelge 4.3), değerlerin birbirine çok yakın olduğu ve ortalamalarının yaklaşık olarak 80'e tekabül ettiği görülmektedir. Ayran örneklerinin b* değerlerinin pozitif alanda olması nedeni ile sarımsı renge, a* değerlerinin negatif alanda olması sebebi ile de çok hafif bir yeşilimsi renge sahiplik durumu söz konusudur. Ultrasonikasyon uygulaması sonucunda, kontrol grubuna göre örneklerin L* ve b* değerlerinde hafif bir artış gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile benzerdir. Ancak istatistikî analiz sonuçları örnek ortalamalarının renk değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını ortaya çıkarmıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.3. Ayran örneklerinin renk değerleri

Örnek	Uygulama Süresi (dakika)	L*	a*	b*
Kontrol	0	78,43±3,36	-2,38±0,30	3,01±1,93
50 W	2,5	79,46±2,59	-2,37±0,17	3,03±1,45
	5	79,23±3,35	-2,27±0,27	2,72±1,95
100 W	2,5	80,04±2,53	-2,35±0,32	3,23±2,05
	5	80,37±2,97	-2,34±0,30	3,18±2,09
125 W	2,5	79,89±3,09	-2,35±0,38	3,13±2,17
	5	80,46±2,56	-2,35±0,27	3,03±1,70
150 W	2,5	79,90±3,25	-2,29±0,28	3,09±2,10
	5	80,43±2,74	-2,31±0,34	3,08±2,01

4.2.3. Ultrasonikasyonun Asitlik ve pH Değerleri Üzerine Etkisi

4.2.3.1 Asitlik

Ayran, laktik asit fermantasyonu sonucu açığa çıkan laktik asit nedeni ile asit karakterli bir üründür. Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen % asitlik değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analizde ayran örneklerinin asitlik değerleri üzerine ultrasonikasyon gücü ve ultrasonikasyon süresi ile ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi, ultrasonikasyon gücü x depolama süresi, ultrasonikasyon süresi x

depolama süresi ve ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi x depolama süresi interaksiyonlarının etkili olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Ancak ayran örneklerinin asitlik değerleri üzerinde depolama süresinin etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Diğer parametreler dikkate alınmayıp yalnızca bütün ayran örneklerinin her bir depolama günündeki asitlik değeri ortalamaları karşılaştırıldığında depolamanın 1., 5. ve 10. günlerindeki ayran örneklerinin ortalama asitlik değerlerinin sırasıyla % 0,70, %0,78 ve %0,84 olduğu ve ilgili ortalama asitlik değerlerine ait istatistiksel harflendirmenin de sırasıyla B, BA ve A şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile istatistiksel analiz depolamanın 1. ve 10. gününde belirlenen asitlik değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olduğunu ve depolama süresi arttıkça %asitlik değerinin de arttığını göstermiştir.

Asitlik artışı ayranın kalitesini etkileyen önemli bir parametredir ve araştırmamızda üretilen bütün ayranların asitlik değerlerinin depolama süresince Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde belirtilen asitlik değerlerine (Anonim, 2009) uygun olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca fermente ürünlerde asitliğin arttığı birçok araştırmacı tarafından da belirtilmiştir (Atamer vd., 1989; Atamer vd., 1999; Tamuçay-Özünü, 2005; Tonguç, 2006; Kök-Taş ve Güzel-Seydim, 2010; Şenel vd., 2010; Şeker ve Patır, 2011). Dolayısıyla çalışmamızda elde edilen sonuçlar, diğer araştırmacıların sonuçları ile benzerdir.

Çizelge 4.4. Ayran örneklerinin depolama süresince asitlik değerleri (%)

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Asitlik Değeri (%)
0	0	1	0,76±0,21
		5	0,81±0,18
		10	0,91±0,24
50	2,5	1	0,73±0,25
	2,5	5	0,80±0,18
	2,5	10	0,86±0,25
50	5	1	0,70±0,21
	5	5	0,76±0,19
	5	10	0,82±0,21
100	2,5	1	0,72±0,21
	2,5	5	0,80±0,23
	2,5	10	0,88±0,27
100	5	1	0,70±0,15
	5	5	0,80±0,21
	5	10	0,83±0,15
125	2,5	1	0,72±0,21
	2,5	5	0,76±0,14
	2,5	10	0,83±0,22
125	5	1	0,65±0,23
	5	5	0,76±0,21
	5	10	0,82±0,17
150	2,5	1	0,71±0,20
	2,5	5	0,76±0,19
	2,5	10	0,85±0,20
150	5	1	0,64±0,23
	5	5	0,74±0,19
	5	10	0,80±0,17

4.2.3.2. pH

Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen pH değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analizde ayran örneklerinin pH değerleri üzerinde depolama süresinin etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayranların asitlik değerleri için elde edilen verilerle benzer şekilde ayran örneklerinin pH değerleri üzerine ultrasonikasyon gücü ve ultrasonikasyon süresi ile ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi, ultrasonikasyon gücü x depolama süresi, ultrasonikasyon süresi x depolama süresi ve ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi x depolama süresi interaksiyonlarının etkili olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Diğer parametreler dikkate alınmayıp yalnızca bütün ayran örneklerinin her bir depolama günündeki pH değeri ortalamaları karşılaştırıldığında depolamanın 1., 5. ve 10. günlerindeki ayran örneklerinin ortalama pH değerlerinin sırasıyla 4,47, 4,37 ve 4,27 olduğu ve ilgili olarak asitlik değerlerine ait istatistiksel harflendirmenin de sırasıyla A, B ve C şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile istatistiksel analiz depolamanın 1., 5. ve 10. gününde belirlenen pH değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olduğunu ve depolama süresi arttıkça ayran örneklerine ait pH değerlerinin azaldığını göstermiştir.

Fermente bir ürünün pH düzeyi, mikrobiyal yük ve aktivite koşullarıyla doğrudan bağlantılıdır (Erkaya vd., 2015). Kontrol grubuna kıyasla en yüksek güçte ultrasonikasyon uygulanan örneğin pH değerindeki düşüş oranının daha fazla olması, ultrasonikasyon uygulamasının laktik asit bakterilerinin popülasyonunu azaltma yönünde bir etkisi bulunmadığını düşündürmektedir.

Çizelge 4.5. Ayran örneklerinin depolama süresince pH değerleri

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	pH
0	0	1	4,36±0,02
		5	4,34±0,11
		10	4,19±0,03
50	2,5	1	4,46±0,04
	2,5	5	4,39±0,03
	2,5	10	4,27±0,04
50	5	1	4,50±0,04
	5	5	4,38±0,08
	5	10	4,28±0,06
100	2,5	1	4,49±0,05
	2,5	5	4,39±0,02
	2,5	10	4,26±0,17
100	5	1	4,46±0,12
	5	5	4,41±0,09
	5	10	4,34±0,16
125	2,5	1	4,46±0,05
	2,5	5	4,40±0,18
	2,5	10	4,25±0,04
125	5	1	4,53±0,13
	5	5	4,30±0,09
	5	10	4,27±0,07
150	2,5	1	4,50±0,08
	2,5	5	4,36±0,19
	2,5	10	4,25±0,05
150	5	1	4,53±0,09
	5	5	4,35±0,19
	5	10	4,28±0,08

4.2.4. Ultrasonikasyonun Serum Ayrılması Üzerine Etkisi

Serum ayrılması ayıranda en büyük kalite kusuru olarak bilinmektedir ve serum ayrılması üzerinde süte uygulanan ısı işlem, kurumadde, yüksek inkübasyon sıcaklığı ve pıhtı kırımında güçlü mekanik etki gibi birçok faktör etkilidir (Tamuçay-Özünü ve Koçak, 2010).

Çalışmamızda, ultrasonikasyon gücü, ultrasonikasyon süresi ve depolama süresinin ayranların serum ayrılması değerleri üzerinde etkili olduğu bulunmuşken ($p<0,05$) ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi, ultrasonikasyon gücü x depolama süresi, ultrasonikasyon süresi x depolama süresi ve ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi x depolama süresi interaksyonlarının ayranların serum ayrılması değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Diğer faktörler elimine edilip yalnızca üretimde kullanılan ultrasonikasyon güçlerinde ayranlarda belirlenen ortalama serum ayrılması değerleri hesaplandığında ($n=24$) en yüksek serum ayrılması değerinin kontrol grubunda olduğu ancak ultrasonikasyonda farklı güç kullanımının (50, 100, 125 ve 150 W) ayranların serum ayrılması değerine etki etmediği görülmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Ayran üretiminde kullanılan ultrasonikasyon gücünün serum ayrılması değeri üzerine etkisi

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Serum Ayrılması (%)
0	13,50 ^A
50	9,92 ^B
100	8,92 ^B
125	7,75 ^B
150	8,13 ^B

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

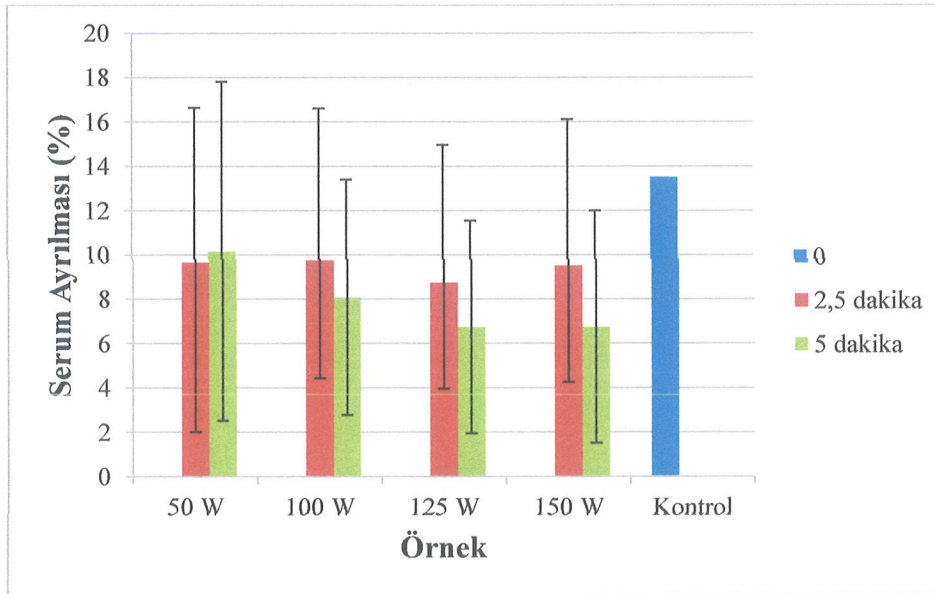
Ultrasonikasyon uygulama süresine göre (Çizelge 4.7) kontrol örneğinin serum ayrılması değeri (%13,5), ultrasonikasyon uygulanarak üretilen diğer ayran örneklerinin tamamından daha yüksektir ($p<0,05$). Ultrasonikasyonun farklı sürelerde uygulanması, ayranların serum ayrılması değerleri üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık yaratmamıştır. Ancak, 125 W güçte 5 dakika ve 150 W güçte 5 dakika süresince

ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların kontrol grubuna göre % 50 daha az serum ayrılması değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.1).

Çizelge 4.7. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri

Örnek	Uygulama Süresi (dakika)	Serum Ayrılması (%)
Kontrol	0	13,50±8,22 ^A
50 W	2,5	9,66±6,98 ^B
	5	10,16±7,65 ^B
100 W	2,5	9,75±6,86 ^B
	5	8,08±5,31 ^B
125 W	2,5	8,75±6,22 ^B
	5	6,75±4,80 ^B
150 W	2,5	9,50±6,62 ^B
	5	6,75±5,24 ^B

*A,B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).



Şekil 4.1. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri

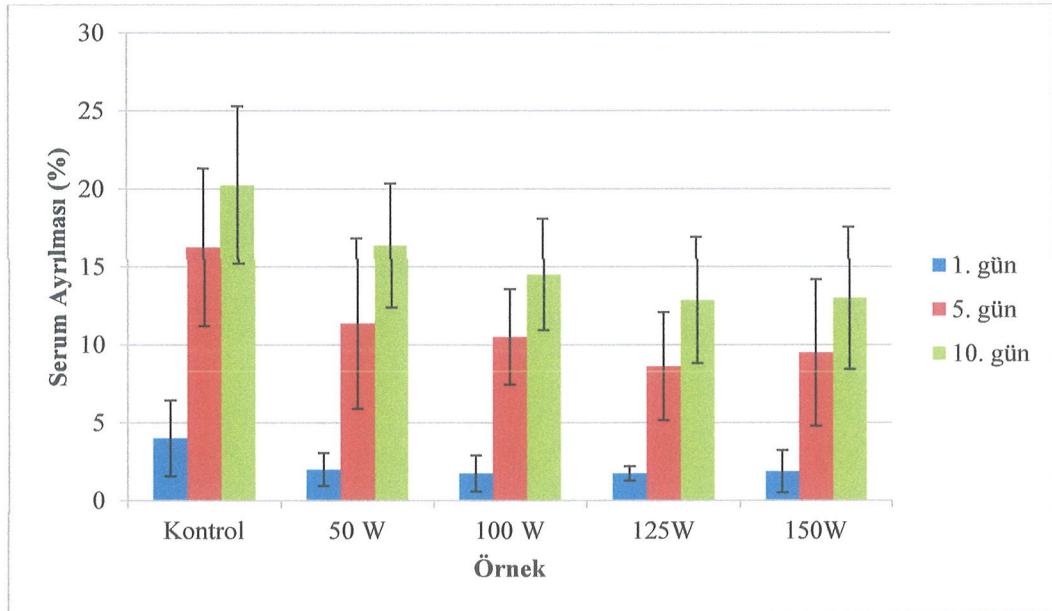
Ertugay vd. (2012) tarafından yoğurda %40 su (w/w) ve %1 tuz (w/w) ilave edilerek hazırlanan ayranlara 20 kHz frekansta farklı genlik seviyelerinde [%40 (22.91W), %60 (33.38W) ve %80 (44.54W)] 2 ve 4 dakika süresince ultrases uygulanarak akustik enerjinin ayranın serum ayrılması değerleri üzerinde etkisine ilişkin yapılan çalışmada; en

düşük serum ayrılması değerleri en yüksek güç seviyesinde (44,54 W) ve en uzun uygulama süresinde (4 dakika) elde edilmiştir. Çalışma bulgularımız ile Ertugay vd. (2012) tarafından elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir.

Depolamanın 1., 5. ve 10. gününde kontrol grubu ve ultrasonikasyon uygulanan örneklerin tamamında serum ayrılması tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). En fazla serum ayrılması değerine (%20,25) depolamanın 10. gününde ve kontrol grubu ayrılar sahiptir. En düşük serum ayrılması değeri ise depolamanın 10. gününde ve 125 W güçte ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.8. Ayran örneklerinin depolama süresine göre serum ayrılması değerleri

Örnek	1. gün	5. gün	10. gün
Kontrol	4,00±2,44	16,25±5,05	20,25±5,05
50 W	2,00±1,06	11,37±5,47	16,37±3,99
100 W	1,75±1,16	10,50±3,07	14,50±3,58
125 W	1,75±0,46	8,62±3,46	12,87±4,05
150 W	1,87±1,35	9,50±4,69	13,00±4,56



Şekil 4.2. Ayran örneklerinin depolama süresine göre serum ayrılması değerleri

Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde çalışmamızda üretilen bütün ayran örneklerinin (n=36) her bir gün için serum ayrılması değerlerinin ortalaması hesaplandığında sırasıyla %2,08, %10,69 ve %14,86 değerlerinin elde edildiği ve elde

edilen söz konusu serum ayrılması değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu gmrülmüştür ($p<0,05$).

Farklı sıcaklık (60, 70 ve 80°C) ve sürelerde (1, 3 ve 5 dakika), 35 kHz frekansta termosonikasyon uygulamasının ayranların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada, 30 günlük depolama sonunda en düşük serum ayrılması değeri 70°C sıcaklıkta 3 dakika termosonikasyon uygulanan örneklerde elde edilmiştir (Erkaya vd., 2015). Ayrıca Gürsoy vd. (2016) tarafından çığ süte 70°C sıcaklıkta ön ısıtma yapıldıktan sonra 100, 125 ve 150W güçte 15 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak ayran üretimi gerçekleştirilmiş ve 10 günlük depolama süresi sonunda en düşük serum ayrılması değerlerine 150 W güç uygulanarak üretilen ayranlarda rastlanmıştır. Wu vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada yoğurt üretim prosesinde starter kültür inkolasyonundan önce ultrasonikasyon uygulandıında üretilen yoğurtların serum ayrılması değerlerinde ciddi bir azalma gözlenmiştir. Diğer araştırmacıların bulgularıyla benzer biçimde, bizim çalışmamızda da ayran üretiminde ultrasonikasyon uygulamasının serum ayrılması üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

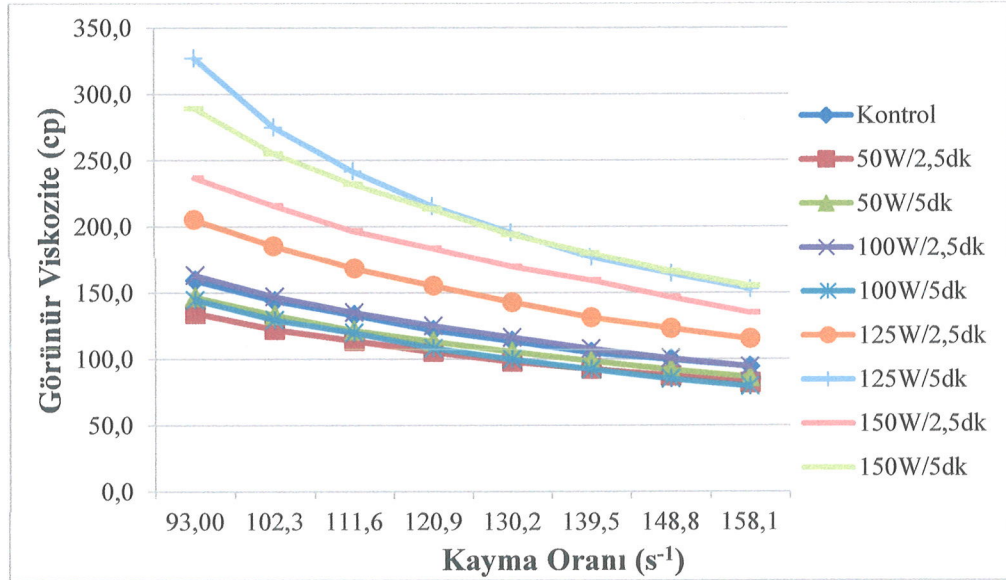
4.2.5. Ayranın Reolojik Özellikleri

Ayranın bir diğer önemli kalite kriteri de viskozitedir. Gıda maddelerinin işlenmesi, depolanması, ambalajlanması sırasında ürünün içerisinde viskozitenin de olduğu reolojik özelliklerinin bilinmesi önemlidir.

Çalışmamızda, farklı güç ve sürede ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinin reolojik ölçümleri depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çalışmada üretilen ayranların akış davranış indekslerinin 0,01 ve 0,57 aralığında olması, tüm ayranların Newton tipi olmayan akış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. En yüksek kıvam katsayısı (K) değeri ($15,30 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$) 125 W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulanan ayran örneğinde depolamanın 1. gününde belirlenmiştir. Newton tipi olmayan akışkanların kayma gerilimi ve kayma oranı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için değişik matematiksel modeller kullanılmaktadır. Laktik fermente içeceklerin reolojik özellikleri Newton, Power Law ve Herschel-Bulkey modelleri ile ifade edilmektedir (Penna vd., 2001). Bu kapsamda çalışmamızda üretmiş olduğumuz ayranın hangi Newton tipi olmayan akışkan özelliğine sahip olduğunu belirlemek için Üssel (Power Law) matematiksel modeli kullanılmıştır.

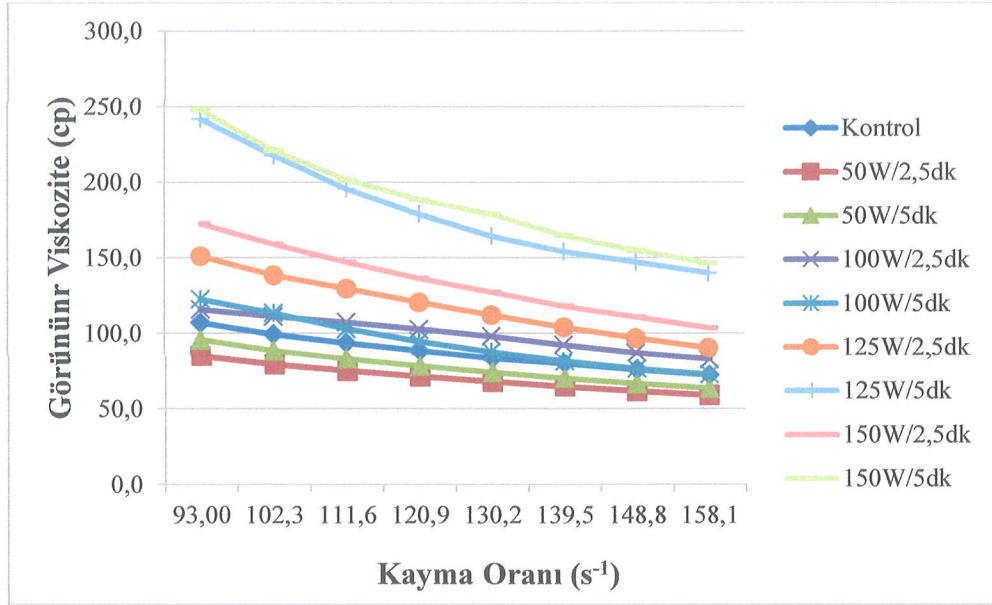
Depolamanın 1. gününde 170 rpm'de (kayma oranı: $158,1 \text{ s}^{-1}$) en yüksek görünür viskozite değerine ($155,30 \text{ cp}$) 150 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine ($79,40 \text{ cp}$) ise 100 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının birinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

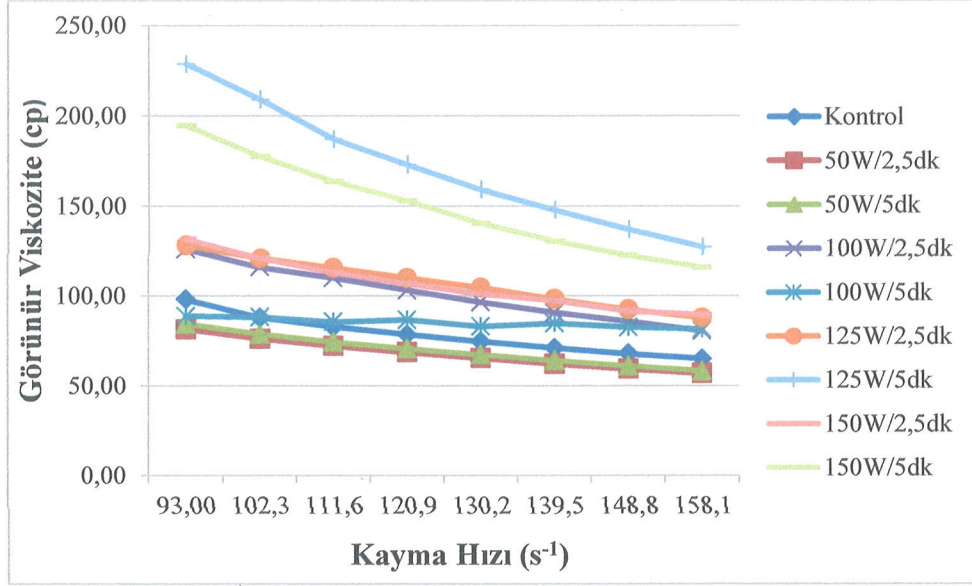
Depolamanın 5. gününde ise 170 rpm'de (kayma oranı: $158,1 \text{ s}^{-1}$) yine en yüksek görünür viskozite değerine ($146,50 \text{ cp}$) 150 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine ($58,97 \text{ cp}$) ise 50 W

güçte 2,5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının beşinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

Depolamanın 10. gününde ise 170 rpm'de (kayma oranı: 158,1 s⁻¹) en yüksek görünür viskozite değerine (127,20 cp) 125 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine (56,92 cp) ise 50 W güçte 2,5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının onuncu gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

Sonuç olarak görünür viskozitenin kayma oranı arttıkça azalması, ayran örneklerinin pseudoplastik akış türüne sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5) (Beşergil ve Beşergil, 1996). Penna vd. (2001) tarafından da laktik içeceklerin yüksek kıvam katsayısı ve yüksek pseudoplastik özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir.

Ultrasonikasyon uygulama parametrelerinin ayranların görünür viskozite değerleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde; ultrasonikasyon gücünün, uygulama süresinin, depolama süresinin ve uygulama gücü x uygulama süresi interaksiyonunun ayranların görünür viskozite değerleri üzerinde etkili olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$).

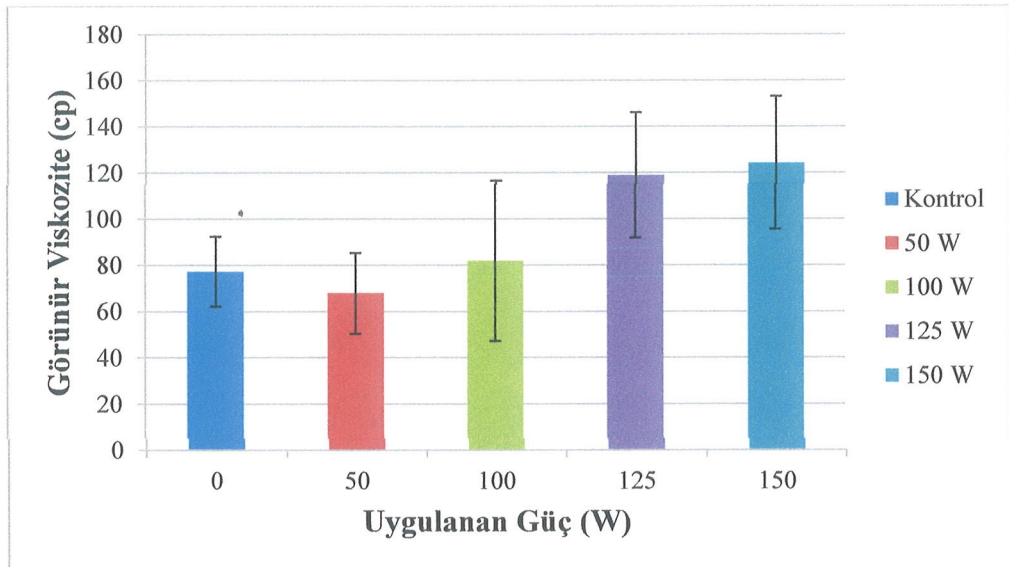
Uygulama gücüne göre; en yüksek görünür viskozite değeri (124,26 cp) 150 W güç uygulanarak üretilen ayranlarda, en düşük görünür viskozite değeri (67,67 cp) ise 50 W güç uygulanarak üretilen ayranlarda tespit edilmiştir. Kontrol grubu, 50 W ve 100 W güç uygulanarak üretilen ayranların görünür viskozite değerleri benzer bulunmuştur ($p > 0,05$). Elde edilen verilerden ultrasonikasyon uygulamasının ayranın görünür viskozitesini artırmada olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucu çıkarılabilir. Ayrıca, 125 W ve 150 W güç uygulanarak üretilen ayranların görünür viskozite değerleri arasında da anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Ancak 125 W ve 150 W güç uygulanarak üretilen ayranların görünür viskozite değerleri kontrol, 50 W ve 100 W güç uygulanan ayranların görünür viskozite değerlerinden istatistiksel olarak farklı ve büyüktür ($p < 0,05$). Bu sebeple viskozite artışı için 150 W yerine 125 W güç uygulamasının yeterli olacağı

düşünülmektedir (Çizelge 4.10). Örnekler arası farklılıklar Şekil 4.6'da grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri

Uygulama gücü (W)	Görünür Viskozite (cp, 170 rpm)
0	77,20±15,08 ^B
50	67,67±17,46 ^B
100	81,92±34,74 ^B
125	118,97±27,22 ^A
150	124,26±28,79 ^A

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).



Şekil 4.6. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri

Elde edilen sonuçlar, ultrasonikasyon uygulama gücünün viskozite artışında olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

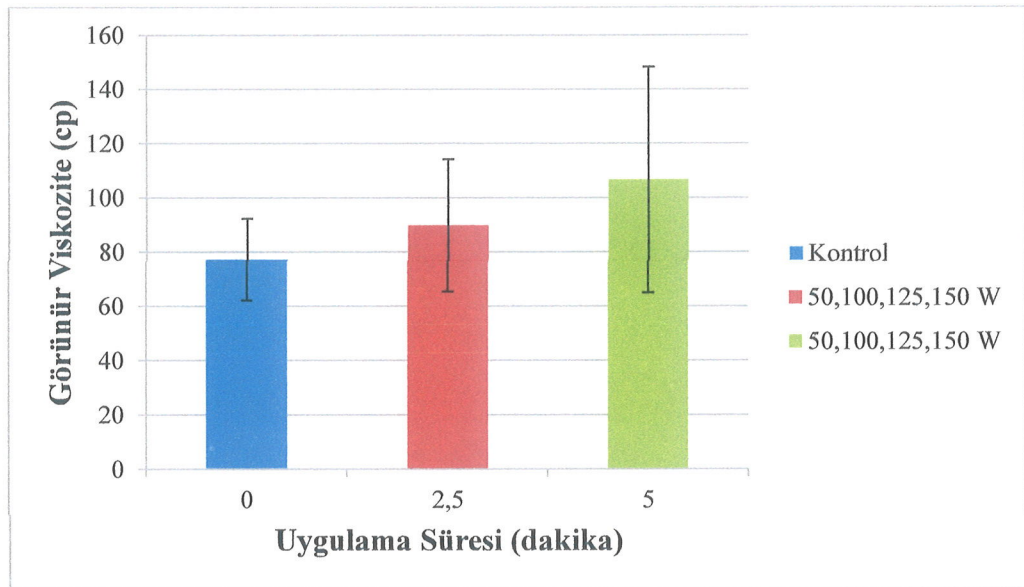
Ayranların görünür viskozite değerleri üzerinde ultrasonikasyon uygulama süresinin etkisine bakıldığında, en yüksek görünür viskozite değeri (106,62 cp) 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan örneklerde, en düşük görünür viskozite değeri (77,20 cp) ise kontrol grubunda görülmüştür (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

Örnek	Uygulama Süresi (dakika)	Görünür Viskozite (cp, 170 rpm)
Kontrol	0	77,20±15,08 ^A
50,100,125,150 W	2,5	89,79±28,40 ^B
	5	106,62±41,66 ^B

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Ancak istatistikî analiz sonuçlarına göre 2,5 dakika ve 5 dakika ultrasonikasyon uygulama süresinin, örneklerin görünür viskozite değerlerinde farklılık yaratacak anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



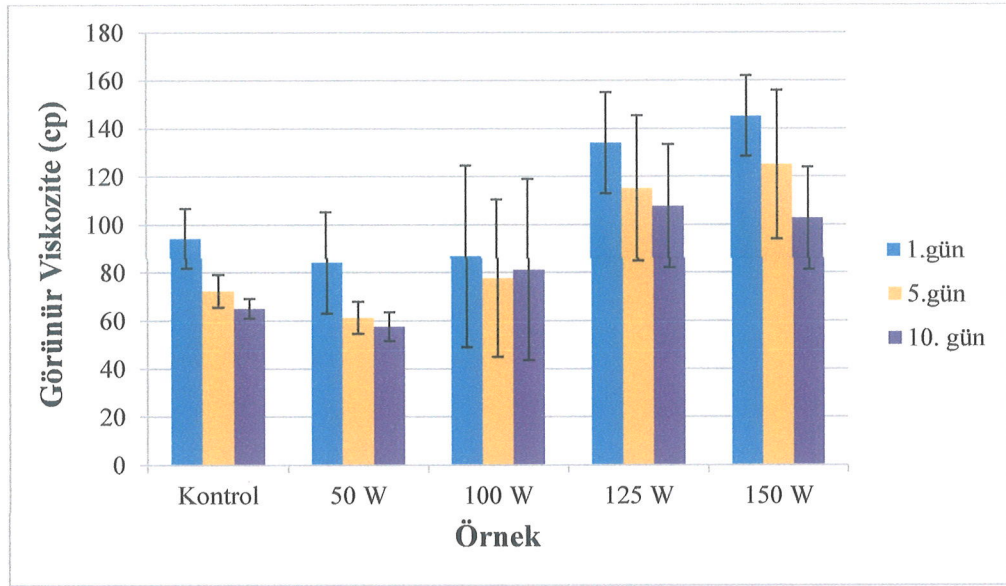
Şekil 4.7. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

Depolama süresince ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinde azalma gözlenmiştir. Yalnızca, 100 W güç uygulanarak üretilen ayran örneğinin görünür viskozitesi 5. günde 77,71 cp iken 10. günde 81,22 cp'ye artarak 3,51 birim yükselmiştir. Depolamanın 10. gününde en yüksek görünür viskozite değerine (107,72 cp) 125 W güç uygulanarak üretilen ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine (57,57 cp) ise 50 W güç uygulanarak üretilen ayran örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.12'de ayran örneklerinin depolama süresince görünür viskozite değerleri verilmektedir. Elde edilen verilerden yola çıkılarak yüksek güçte ultrasonikasyon uygulanarak üretilen

ayranların viskozite değerlerinin diğer ayran gruplarına göre daha iyi olduğu söylenebilir (Şekil 4.8).

Çizelge 4.12. Ayran örneklerinin depolama süresine göre görünür viskozite değişim değerleri

Örnek	1. gün	5. gün	10. gün
Kontrol	94,26±12,39	72,35±6,79	65,00±4,07
50 W	84,20±21,10	61,25±6,67	57,57±6,03
100 W	86,82±37,72	77,71±32,70	81,22±37,76
125 W	134,05±21,00	115,14±30,27	107,72±25,63
150 W	145,15±16,75	125,01±30,93	102,63±21,29



Şekil 4.8. Ayran örneklerinin depolama süresine göre görünür viskozite değerleri

Gün bazında genel ortalamaya bakıldığında ise, örneklerin depolamanın 1. günü görünür viskozite değerleri depolamanın 5. ve 10. gün görünür viskozite değerlerinden anlamlı bir şekilde farklıdır ($p < 0,05$) (Çizelge 4.13). Ayrıca, 5. ve 10. gün örnek ortalamaları arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır ($p > 0,05$) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerleri

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Görünür Viskozite (cp, 170 rpm)
Kontrol 50,100,125,150 W	1	110,52^A
	5	92,29 ^B
	10	84,81^B

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

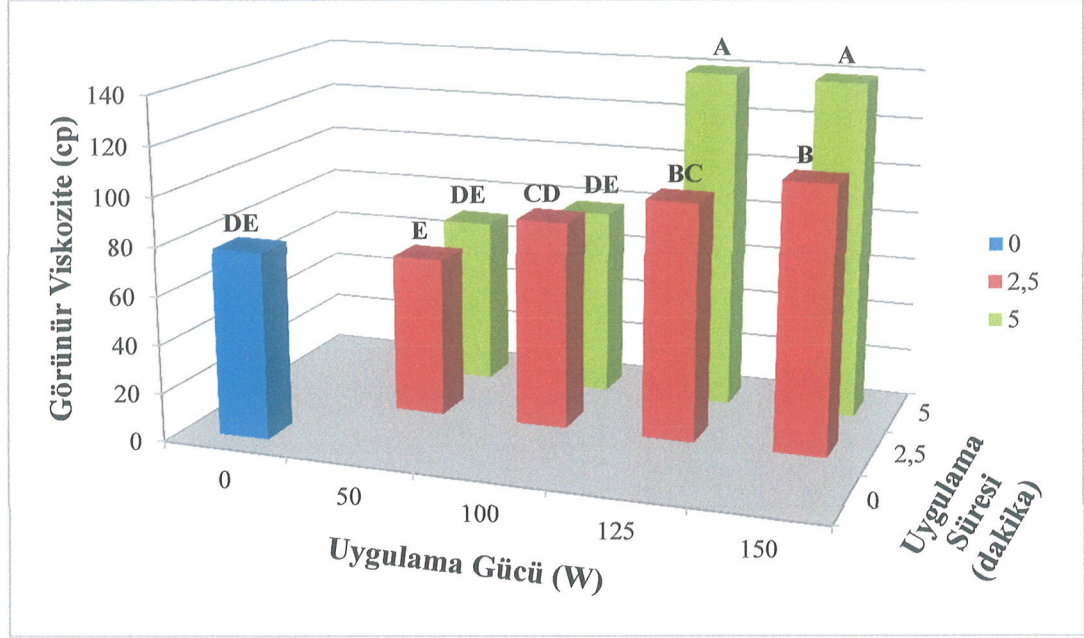
Uygulama gücü ve uygulama süresi interaksiyonunun viskozite değerleri üzerindeki etkisine bakıldığında (Çizelge 4.14) en düşük görünür viskozite değerine (57,57 cp) 50 W güçte 2,5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların, en yüksek görünür viskozite değerine (139,95 cp) ise 125 W güç ve 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.14. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücü ve süresine göre görünür viskozite değerleri

Uygulama gücü (W)	Uygulama süresi (dakika)	Görünür Viskozite (cp)
0	0	77,20±15,08 ^{DE}
50	2,5	65,98±19,34 ^E
	5	69,37±16,04 ^{DE}
100	2,5	85,87±26,67 ^{CD}
	5	77,97±42,17 ^{DE}
125	2,5	98,00±20,52 ^{BC}
	5	139,95±13,00 ^A
150	2,5	109,31±28,54 ^B
	5	139,22±20,76 ^A

*^{A,B,C,D,E}: Farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

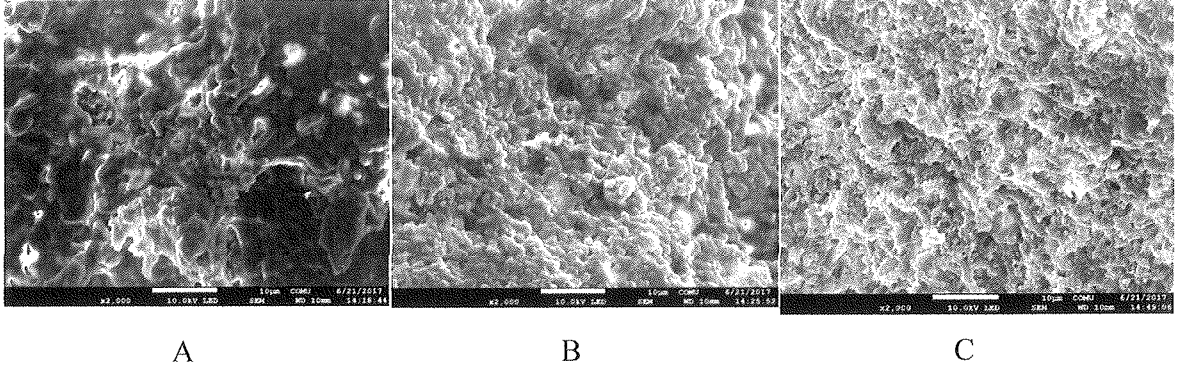
İstatistiki olarak 125 W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilen örneklerin görünür viskozite değeri ile 150 W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilen örneklerin görünür viskozite değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ayrıca, kontrol grubu ayranların görünür viskozite değeri ile de 50 W güçte 5 dakika ve 100 W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların değerleri benzer bulunmuştur ($p > 0,05$) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Ayran örneklerinin ultrasonikasyon uygulama gücü ve süresine göre görünür viskozite değerleri

4.2.6. Ultrasonikasyonun Ayranların Mikroyapıları Üzerine Etkisi

Geleneksel yöntemle üretilmiş (kontrol) ve 50 ile 150 W güçlerde 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilmiş ayran örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.10'da verilmiştir. SEM görüntülerinden kontrol grubu ayranın (A) çok daha az dallanmış bir mikroyapıya sahip olduğu ve petek benzeri bir ağ yapısı sergilemediği görülmüştür. Yapı boyunca daha az gözenek gözlemlenmiştir. Ortalama yapısal boyutun yaklaşık 2 μm olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, ultrasonikasyon kullanılarak üretilen ayran örneklerinin (B ve C), petek benzeri bir ağ yapısı gösterdiği ve yapı boyunca çok sayıda gözenek olduğu belirlenmiştir. Ortalama partikül boyutunun ultrasonikasyon gücü arttıkça arttığı ve 1 μm 'nin altına indiği görülmüştür. Söz konusu ağ yapının serum ayrılmasını azaltma ve viskoziteyi arttırmada etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer bulgular Riener vd. (2009) tarafından da elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Kontrol (A) ve 50 W (B) ve 150 W (C) güçlerde 5 dakika ultrasonikasyon uygulanmış ayranlara ait elektron mikroskobu görüntüleri (Büyütme: x 2000)

4.2.7. Ayran Örneklerinin Duyusal Niteliklerine İlişkin Değerlendirmeler

Duyusal değerlendirmelerde, ultrasonikasyon uygulamasının ayranın lezzetine olan etkisini ölçmek ve lezzetin depolama süresince tüketici tarafından ne şekilde algılandığını belirlemek amaçlanmıştır. Ayran örneklerinin depolama süresi boyunca almış oldukları duyusal lezzet puanları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz ultrasonikasyon uygulama süresi ve depolama süresinin ayranların lezzet değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.16 ve 4.17). Diğer parametrelerin ayranların lezzet değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Panelistler lezzet açısından ultrasonikasyon uygulanan ayran örneklerini geleneksel yöntemle üretilen ayran örneklerine tercih etmişlerdir. Ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranlardan daha çok 2,5 dakika işlem uygulananlar beğenilmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.16). Depolama süresinde ayran örneklerinin duyusal lezzet puanı ortalamaları düşmüştür. Diğer bir ifade ile depolama süresi uzadıkça lezzet açısından duyusal beğeni puanı azalmıştır (Çizelge 4.17). Depolamanın 10. gününde ayranların lezzet beğenisindeki düşüşün asitlik artışına bağlı hafif ekşime kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar, panelistlerin lezzet ayırımında zorlandıklarını, belirgin bir kararlılığa sahip olmadıklarını göstermiştir. Ancak ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların lezzet beğeni ortalaması 7'li değerlendirme skalasına göre yüksek sayılabilecek düzeydedir.

Çizelge 4.15. Duyusal lezzet puanları

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Lezzet Puanı
0	0	1	5,12±1,78
		10	2,98±1,75
50	2,5	1	5,33±1,68
	2,5	10	5,16±1,63
50	5	1	5,20±1,74
	5	10	4,58±1,79
100	2,5	1	5,66±1,24
	2,5	10	5,00±1,28
100	5	1	4,66±1,76
	5	10	4,70±1,30
125	2,5	1	5,33±1,85
	2,5	10	4,29±1,72
125	5	1	4,25±2,04
	5	10	4,50±1,84
150	2,5	1	5,25±1,62
	2,5	10	4,20±1,66
150	5	1	4,54±1,93
	5	10	4,50±2,16

Çizelge 4.16. Ultrasonikasyon uygulama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi

Örnek	Uygulama süresi (dakika)		
	0	2,5	5
Kontrol 50,100,125,150 W	4,05±2,06 ^C	5,03±1,65 ^A	4,62±1,82 ^B

*^{A,B,C}: Farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.17. Depolama süresinin ayran örneklerinin ortalama lezzet puanlarına etkisi

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Lezzet Puanı
Kontrol 50,100,125,150 W	1	5,05±1,78 ^A
	10	4,29±1,83 ^B

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

4.3. İnkübasyon Sonrası Pıhtı Kırma ve Soğutma Aşamasından Sonra Ultrasonikasyon Uygulanarak Üretilen Ayranlara İlişkin Bulgular

4.3.1. Ayran Örneklerinin Genel Kompozisyonu

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Anonim, 2009) çerçevesinde değerlendirildiğinde; çalışma kapsamında üretilen ayranların yağ içeriği sınıflandırmasına göre tam yağlı oldukları, kurumadde ve protein içeriği bakımından da zengin oldukları gözlenmektedir. Bunun yanında, istatistiki analiz sonuçları, ultrasonikasyon uygulamasının ayranların genel bileşimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını ortaya çıkarmıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Ayran örneklerinin kimyasal kompozisyonu

Uygulama Gücü (W)	Uygulama Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)
0	0	1	9,93±0,26	2,37±0,09	2,36±0,26
		5	9,76±0,26	2,37±0,09	2,36±0,26
		10	9,98±0,08	2,37±0,09	2,36±0,26
50	2,5	1	9,71±0,17	2,52±0,13	2,59±0,17
		5	9,66±0,14	2,52±0,13	2,59±0,17
		10	9,81±0,57	2,52±0,13	2,59±0,17
	5	1	9,81±0,01	2,58±0,15	2,31±0,01
		5	9,74±0,01	2,58±0,15	2,31±0,01
		10	9,92±0,18	2,58±0,15	2,31±0,01
75	2,5	1	9,72±0,19	2,47±0,20	2,30±0,19
		5	9,69±0,01	2,47±0,20	2,30±0,19
		10	9,66±0,09	2,47±0,20	2,30±0,19
	5	1	9,86±0,01	2,52±0,15	2,47±0,01
		5	9,52±0,11	2,52±0,15	2,47±0,01
		10	9,80±0,03	2,52±0,15	2,47±0,01
100	2,5	1	9,62±0,10	2,47±0,15	2,26±0,10
		5	9,61±0,02	2,47±0,15	2,26±0,10
		10	10,01±0,32	2,47±0,15	2,26±0,10
	5	1	9,71±0,28	2,52±0,15	2,31±0,28
		5	9,95±0,65	2,52±0,15	2,31±0,28
		10	9,95±0,46	2,52±0,15	2,31±0,28
125	2,5	1	9,64±0,07	2,50±0,11	2,19±0,07
		5	9,67±0,19	2,50±0,11	2,19±0,07
		10	9,90±0,13	2,50±0,11	2,19±0,07
	5	1	10,06±0,49	2,77±0,15	2,44±0,49
		5	9,91±0,31	2,77±0,15	2,44±0,49
		10	10,17±0,15	2,77±0,15	2,44±0,49
150	2,5	1	9,79±0,09	2,60±0,11	2,56±0,09
		5	9,43±0,14	2,60±0,11	2,56±0,09
		10	9,82±0,09	2,60±0,11	2,56±0,09
	5	1	10,29±0,46	2,55±0,05	2,43±0,46
		5	9,86±0,24	2,55±0,05	2,43±0,46
		10	10,21±0,13	2,55±0,05	2,43±0,46

4.3.2. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri

Üretilen ayranların L* değeri ortalamalarına bakıldığında (Çizelge 4.17), değerlerin birbirine çok yakın olduğu ve değer ortalamalarının yaklaşık olarak 82'ye tekabül ettiği görülmektedir. b* Değerlerinin pozitif alanda olması nedeni ile sarımsı renge a* değerlerinin negatif alanda olması sebebi ile de çok hafif bir yeşilimsi renge sahiplik durumu söz konusudur. Ultrasonikasyon uygulaması sonucunda, kontrol grubuna göre

örneklerin L* değerlerinde hafif bir artış, b* değerlerinde hafif bir azalış gözlenmiştir. Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada bizim çalışma sonuçlarımızdan farklı olarak termosonikasyon sonrasında b* değerlerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Bunun, kullanılan hammadde ve uygulama farklılığından ileri gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, Gürsoy vd. (2016) tarafından yapılan çalışmadaki sonuçlar ile bizim çalışma sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

İstatistiki analiz sonuçları örnek ortalamalarının renk değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını ortaya çıkarmıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.19. Ayrın örneklerinin renk değerleri

Örnek	Uygulama Süresi (dakika)	L*	a*	b*
Kontrol	0	81,36±0,74	-2,58±0,19	5,03±0,37
50 W	2,5	81,59±0,56	-2,52±0,12	4,69±0,27
	5	81,92±0,55	-2,46±0,08	4,60±0,01
75 W	2,5	81,90±0,34	-2,43±0,05	4,66±0,12
	5	81,96±0,29	-2,57±0,05	4,77±0,10
100 W	2,5	82,00±0,40	-2,50±0,12	4,65±0,02
	5	81,78±0,05	-2,61±0,18	4,86±0,26
125 W	2,5	81,85±0,16	-2,59±0,05	4,24±0,16
	5	82,33±0,09	-2,61±0,02	4,64±0,07
150 W	2,5	82,13±0,49	-2,62±0,13	4,76±0,29
	5	82,48±0,18	-2,65±0,04	4,52±0,15

4.3.3. Ultrasonikasyonun Asitlik ve pH Değerleri Üzerine Etkisi

4.3.3.1. Asitlik

Depolama süresince ayrın örneklerinin asitlik değerlerindeki değişim Çizelge 4.16'da verilmiştir. İstatistiki veriler, üretilen ayrınların asitlikleri üzerinde ultrasonikasyon uygulama gücü ve süresinin etkili olmadığını ($p>0,05$) ancak depolama süresinin ayrın örneklerinin asitlik değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Asitlik, depolama süresince artmıştır (Çizelge 4.18 ve 4.19 ile Şekil 4.11). Asitlik artışı ayrında ekşi tada yol açan kaliteyi etkileyen önemli bir parametredir. Asitlik değerinde en büyük artış 50 W güçte 2,5 dakika ultrasonikasyon uygulanan örnekte (%0,26), en düşük artış ise 75 W güçte 50 dakika ultrasonikasyon uygulanan örnekte (%0,16) belirlenmiştir. Fakat söz konusu artışlara rağmen ürünlerin depolama süresince belirlenen asitlik değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde belirtilen asitlik değerlerine (Anonim, 2009) uygun olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca fermente ürünlerde asitliğin arttığı birçok araştırmacı tarafından da belirtilmiştir (Tonguç 2006; Şenel vd., 2010; Şeker ve Patır, 2011). Dolayısıyla çalışmamızda elde edilen sonuçlar, diğer araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

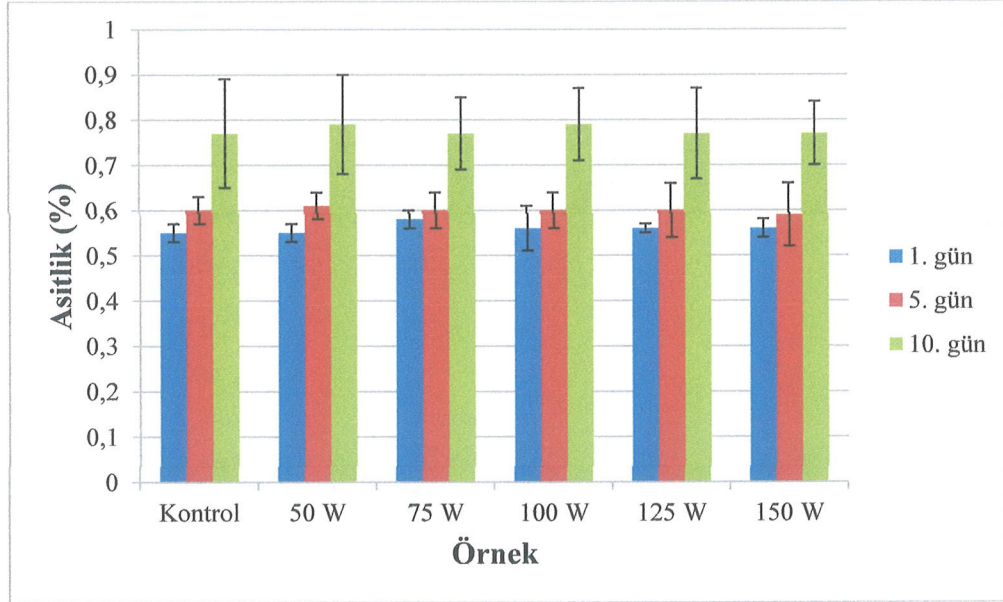
Çizelge 4.20. Depolama süresince ayran örneklerinin asitlik değerleri

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Asitlik Değeri (%)
0	0	1	0,56±0,03
		5	0,61±0,03
		10	0,78±0,12
50	2,5	1	0,57±0,03
	2,5	5	0,64±0,01
	2,5	10	0,83±0,13
50	5	1	0,54±0,02
	5	5	0,58±0,02
	5	10	0,75±0,10
75	2,5	1	0,58±0,03
	2,5	5	0,64±0,03
	2,5	10	0,80±0,08
75	5	1	0,59±0,02
	5	5	0,58±0,03
	5	10	0,75±0,10
100	2,5	1	0,56±0,04
	2,5	5	0,59±0,02
	2,5	10	0,78±0,11
100	5	1	0,57±0,08
	5	5	0,63±0,06
	5	10	0,81±0,05
125	2,5	1	0,56±0,01
	2,5	5	0,64±0,07
	2,5	10	0,81±0,11
125	5	1	0,57±0,02
	5	5	0,56±0,01
	5	10	0,74±0,10
150	2,5	1	0,57±0,02
	2,5	5	0,62±0,09
	2,5	10	0,78±0,05
150	5	1	0,55±0,03
	5	5	0,57±0,02
	5	10	0,76±0,11

Çizelge 4.21. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama asitlik değerleri

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Asitlik (%)
Kontrol 50,100,125,150 W	1	0,56 ^C
	5	0,60 ^B
	10	0,78 ^A

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 4.11. Depolama Süresince Ayran Örneklerinin Uygulama Süresinden Bağımsız Olarak Asitlik Değerlerindeki Değişim

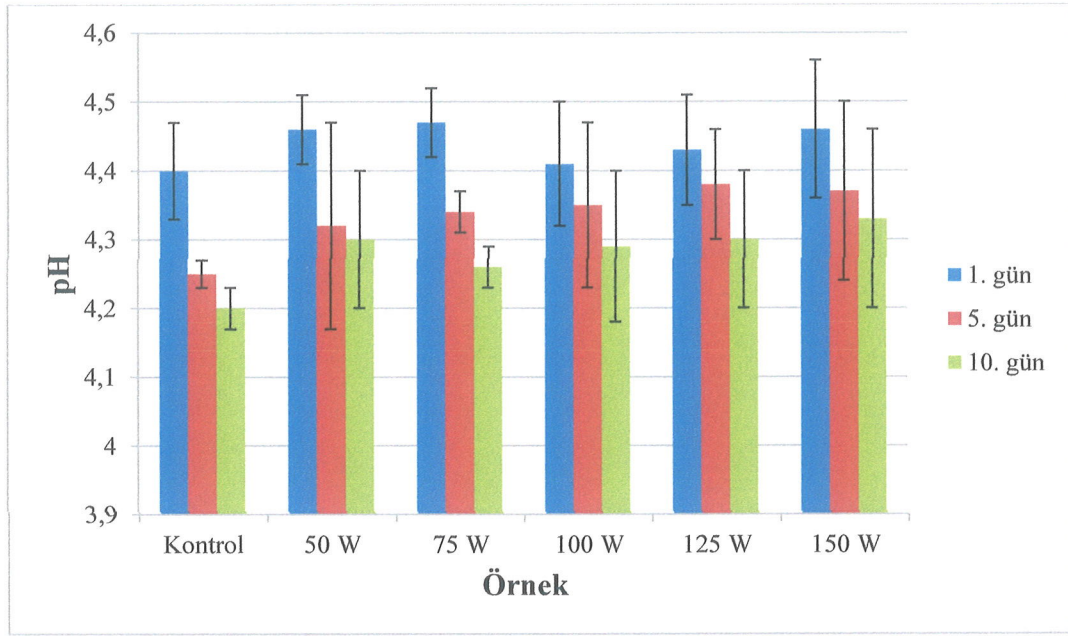
4.3.3.2. pH

Depolama süresinde ayran örneklerinin belirlenen pH değerleri Çizelge 4.20 ve ultrasonikasyon uygulama süresinden bağımsız olarak tespit edilen pH değerleri de Şekil 4.12'de gösterilmektedir. İstatistiksel veriler, üretilen ayranların pH değerleri üzerinde ultrasonikasyon uygulama gücünün ve uygulama süresinin etkili olmadığını ($p > 0,05$), depolama süresinin pH değeri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Yine pH değeri üzerinde ultrasonikasyon gücü x uygulama süresi interaksyonu etkili olurken ($p < 0,05$) (Çizelge 4.21), ultrasonikasyon gücü x depolama süresi, ultrasonikasyon süresi x depolama süresi ve ultrasonikasyon gücü x ultrasonikasyon süresi x depolama süresi interaksyonlarının pH değeri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Diğer faktörler elimine edilip araştırmada üretilen bütün ayranların ($n=44$) depolama günlerindeki ortalama pH değerleri incelendiğinde, depolamanın 1., 5. ve 10. günlerindeki ortalama pH değerlerinin sırasıyla 4,45, 4,35 ve 4,29 olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu ortalama pH değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Fermente bir ürünün pH düzeyi, mikrobik yük ve aktivite koşullarıyla doğrudan bağlantılıdır (Erkaya vd., 2015). Kontrol grubuna kıyasla en yüksek güçte ultrasonikasyon uygulanan örneğin pH değerindeki düşüş oranının fazla olması, ultrasonikasyon uygulamasının laktik asit bakterilerinin popülasyonunu azaltma yönünde bir etkisinin olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.22. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama pH değerleri

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Asitlik Değeri (%)
0	0	1	4,40±0,07
		5	4,25±0,02
		10	4,20±0,03
50	2,5	1	4,45±0,05
	2,5	5	4,21±0,13
	2,5	10	4,24±0,02
50	5	1	4,49±0,06
	5	5	4,45±0,04
	5	10	4,38±0,10
75	2,5	1	4,50±0,07
	2,5	5	4,33±0,04
	2,5	10	4,27±0,03
75	5	1	4,45±0,03
	5	5	4,37±0,02
	5	10	4,26±0,05
100	2,5	1	4,45±0,01
	2,5	5	4,41±0,02
	2,5	10	4,35±0,03
100	5	1	4,39±0,13
	5	5	4,29±0,16
	5	10	4,23±0,14
125	2,5	1	4,41±0,10
	2,5	5	4,34±0,07
	2,5	10	4,28±0,09
125	5	1	4,45±0,08
	5	5	4,44±0,08
	5	10	4,32±0,12
150	2,5	1	4,45±0,15
	2,5	5	4,33±0,18
	2,5	10	4,30±0,17
150	5	1	4,48±0,05
	5	5	4,42±0,07
	5	10	4,37±0,11



Şekil 4.12. Ayrarların depolama süresince pH değerleri

Çizelge 4.23. Depolama süresince ayranların pH değerleri üzerinde ultrasonikasyon gücü ve ultrasonikasyon süresi etkisi

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	pH
Kontrol (0)	-	4,28±0,10 ^E
50	2,5	4,30±0,13 ^{DE}
	5	4,44±0,08 ^A
75	2,5	4,36±0,11 ^{ABCD}
	5	4,36±0,09 ^{BCDE}
100	2,5	4,40±0,05 ^{ABC}
	5	4,30±0,15 ^{DE}
125	2,5	4,34±0,10 ^{CDE}
	5	4,41±0,11 ^{ABC}
150	2,5	4,36±0,17 ^{CDE}
	5	4,42±0,09 ^{AB}

4.3.4. Ultrasonikasyonun Serum Ayrılması Üzerine Etkisi

Serum ayrılması ayranın en büyük kalite kusuru olarak bilinmektedir ve serum ayrılması üzerinde süte uygulanan ısı işlemi, kurumadde, yüksek inkübasyon sıcaklığı, pıhtı kırımında güçlü mekanik etki gibi birçok faktör etkilidir (Tamuçay-Özünü ve Koçak, 2010).

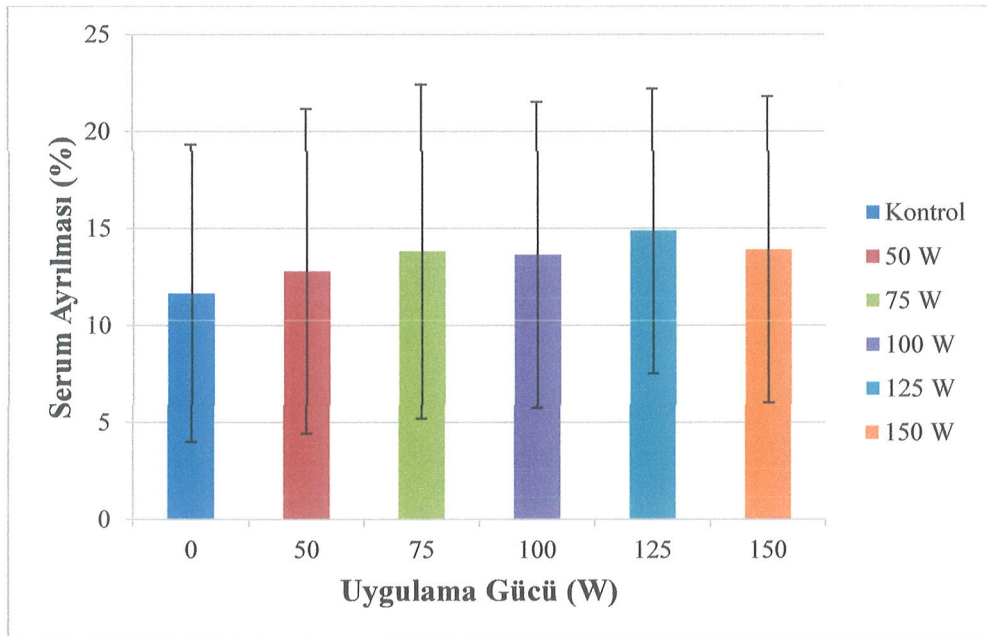
Çalışmamızda, ultrasonikasyon uygulama gücü, depolama süresi ve ultrasonikasyon uygulama gücü x ultrasonikasyon uygulama süresi etkisi ayranların serum ayrılması değerleri üzerinde etkili bulunmuştur ($p < 0,05$).

US uygulama gücüne göre (Çizelge 4.22); 125 W güç uygulanan örneğin serum ayrılması değeri (%14,87), diğer örneklerin tümünden daha yüksektir ($p<0,05$). En düşük serum ayrılması değeri ise kontrol örneğinde (%11,66) belirlenmiştir. Ancak, ultrasonikasyonun farklı güçlerde uygulanması; kontrol grubu, 50 W ve 75 W örneklerinin serum ayrılması değerleri arasında anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. Ayrıca 125 W ve 150 W güç uygulanarak üretilen ayranların serum ayrılması miktarı da benzer bulunmuştur (Şekil 4.13).

Çizelge 4.24. Uygulama gücüne göre serum ayrılması değerleri

Uygulama gücü (W)	Serum Ayrılması (%)
0	11,66±7,67 ^C
50	12,79±8,37 ^{BC}
75	13,81±8,61 ^{BA}
100	13,64±7,88 ^{BA}
125	14,87±7,33 ^A
150	13,91±7,89 ^{BA}

* A, B, C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalama serum ayrılması değerleri arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0,05$).



Şekil 4.13. Uygulama gücüne göre serum ayrılması değerleri

En düşük serum ayrılması değerinin kontrol grubunda tespit edilmiş olması, ultrasonikasyonun uygulama gücünün serum ayrılması miktarını azaltma üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Serum ayrılması, proteinlerin su tutma kapasiteleri ile ilişkilidir (Riener vd., 2009). Wu vd. (2001) tarafından yapılan bir

çalışmada, yoğurt üretim prosesinde ultrasonikasyon uygulama işleminin starter kültür inokulasyonundan sonra yapılmış olmasının, fermentasyon süresinde 30 dakikalık bir kısaltma sağlanmasına rağmen su tutma kapasitesi değerleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığı tespit etmiştir. Bu durumun, ultrasonikasyon işleminin protein ağ yapısında tahribata neden olması sonucunda sinerezinin artmasından ileri geldiği düşünülebilir. Söz konusu çalışmanın bulguları bizim çalışmamızda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Ayranların serum ayrılması değerleri üzerinde depolamanın etkisine bakıldığında, tüm örneklerin pH değerlerinde artış gözlenmiş olup en yüksek artış değerinin (%22,87) 50 W güçte ultrasonikasyon uygulanarak depolanan ayranlarda, en düşük artış değerinin (%17) ise kontrol grubunda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.23). Diğer faktörler dikkate alınmaksızın depolama süresinde ayran örneklerinin ortalama serum ayrılması değerleri değerlendirildiğinde depolama süresince serum ayrılmasının önemli bir şekilde arttığı gözlenmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.24). Depolama süresine göre serum ayrılması değerlerine ilişkin grafik Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

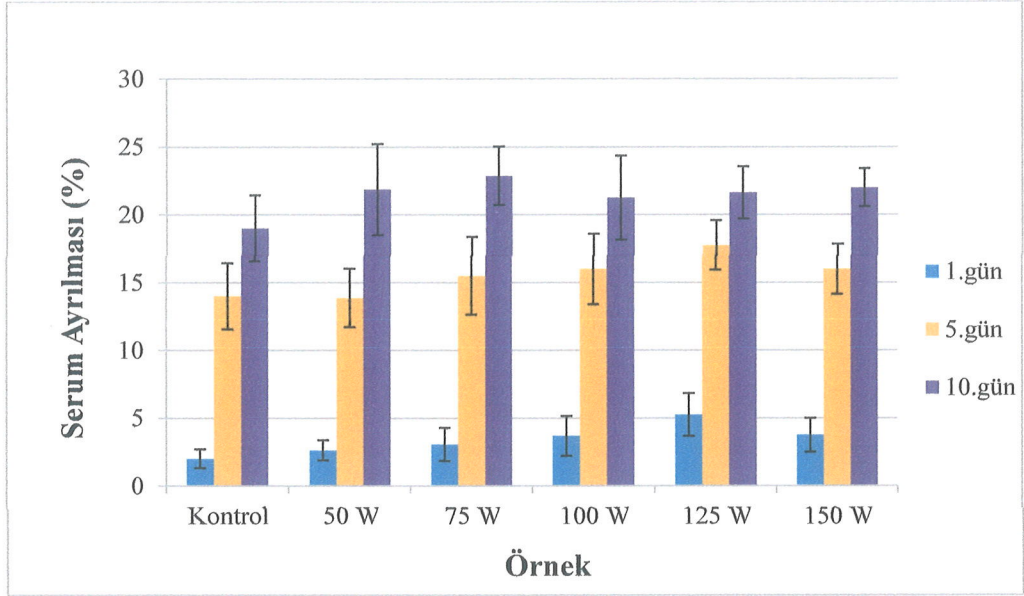
Çizelge 4.25. Depolama süresine göre serum ayrılması değerleri

Örnek	1. gün	5. gün	10. gün
Kontrol	2,00±0,70	14,00±2,44	19,00±2,44
50 W	2,62±0,74	13,87±2,16	21,87±3,35
75 W	3,06±1,23	15,50±2,87	22,87±2,16
100 W	3,68±1,48	16,00±2,60	21,25±3,10
125 W	5,25±1,58	17,75±1,83	21,62±1,92
150 W	3,75±1,25	16,00±1,85	22,00±1,41

Çizelge 4.26. Depolama süresince ayran örneklerinin ortalama asitlik değerleri

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Serum Ayrılması (%)
Kontrol 50,100,125,150 W	1	3,52±1,54 ^C
	5	15,66±2,54 ^B
	10	21,66±2,55 ^A

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).



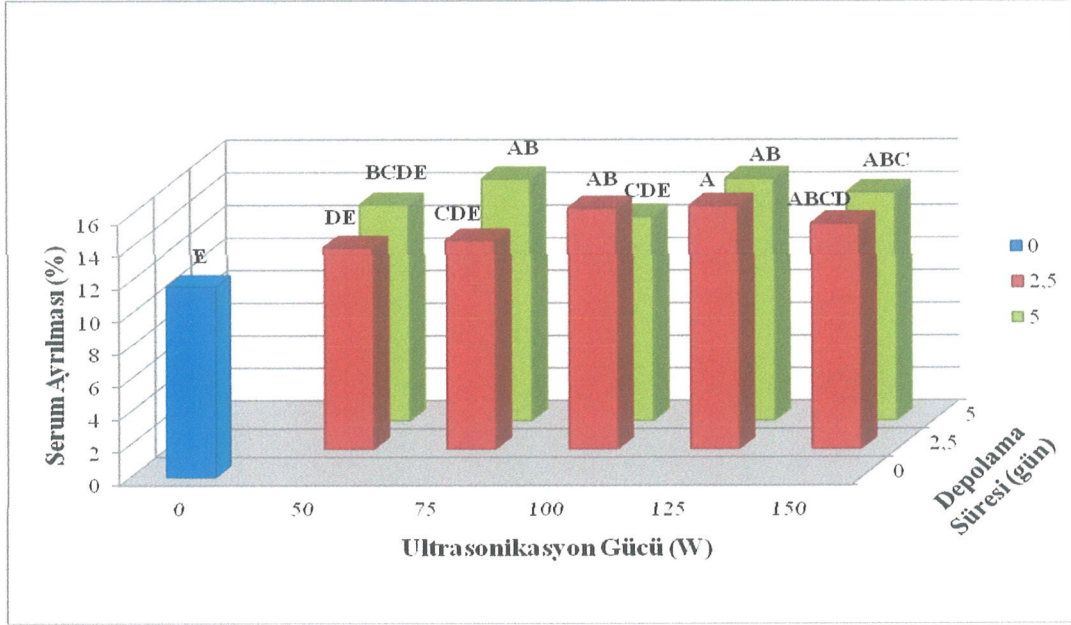
Şekil 4.14. Depolama Süresine Göre Serum Ayrılması Değerleri

Uygulama gücü x uygulama süresi interaksiyonunun ayranların serum ayrılması değerleri üzerindeki etkisine bakıldığında (Çizelge 4.25), en düşük serum ayrılması değerine (%11,66) kontrol örneğinin, en yüksek serum ayrılması değerine (%14,91) ise 125 W güçte 2,5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan örneğin sahip olduğu görülmüştür. 75 W güç x 5 dakika uygulama süresi, 100 W güç x 2,5 dakika uygulama süresi ve 125 W güç x 5 dakika uygulama süresi interaksiyonlarının serum ayrılması değerleri benzer bulunmuştur ($p>0,05$) (Şekil 4.15).

Çizelge 4.27. Ultrasonikasyon uygulama gücü x uygulama süresi interaksiyonuna göre ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri

Uygulama gücü (W)	Uygulama süresi (dakika)	Serum Ayrılması (%)
0	0	11,66±7,67 ^E
50	2,5	12,33±7,98 ^{DE}
	5	13,25±9,07 ^{BCDE}
75	2,5	12,79±8,68 ^{CDE}
	5	14,83±8,79 ^{AB}
100	2,5	14,75±8,80 ^{AB}
	5	12,54±7,06 ^{CDE}
125	2,5	14,91±8,15 ^A
	5	14,83±6,79 ^{AB}
150	2,5	13,83±8,12 ^{ABCD}
	5	14,00±8,01 ^{ABC}

*A,B,C,D,E: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).



Şekil 4.15. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre serum ayrılması değerleri

Bu çalışmada, serum ayrılması miktarını azaltmaya yönelik olarak uygulama süresi x uygulama gücü interaksiyonu etkili bulunmamıştır. Yani serum ayrılması miktarını azaltmak için karıştırma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanmasına gerek olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Araştırmalar sonucunda, bugüne kadar yapılan çalışmalarda, bu sonuca benzer bir sonuç ile karşılaşılmadığı görülmektedir. Bunun sebebinin, ultrasonikasyon uygulama aşamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

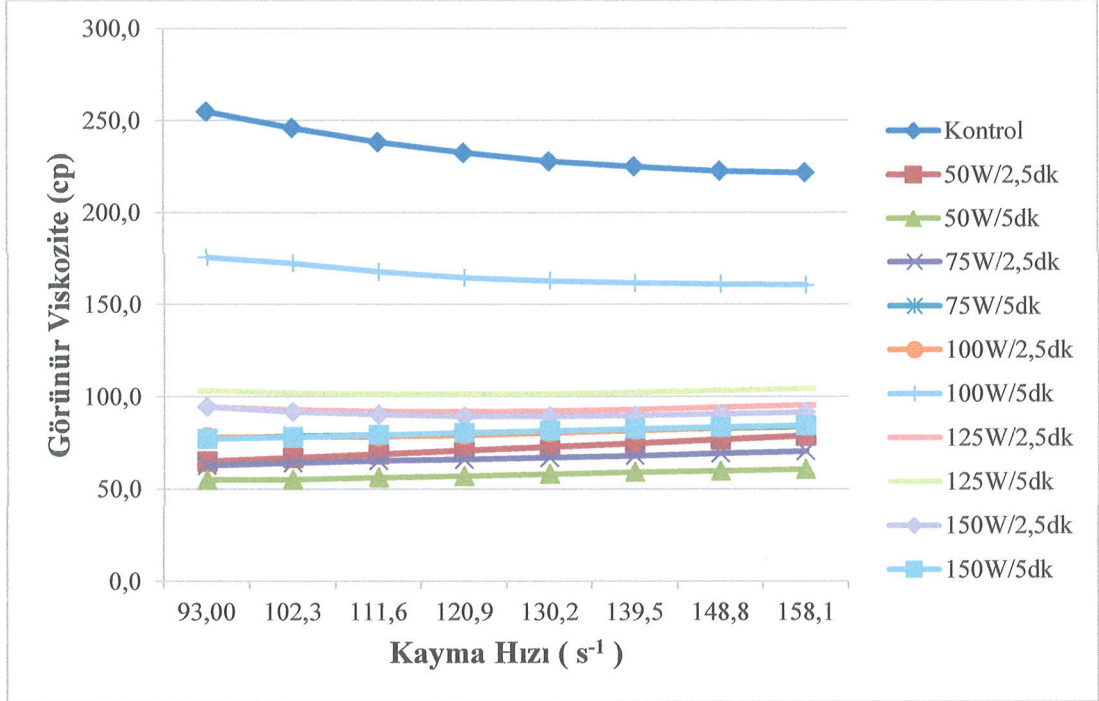
4.3.5. Ayranların Reolojik Özellikleri

Çalışmada, farklı güç ve sürede ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinin reolojik ölçümleri depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde yapılmıştır. Üretmiş olduğumuz ayranlardan bazıları Newton tipi, bazıları ise Newton tipi olmayan akış tipine sahiptir. En yüksek kıvam katsayısı (K) değerine (7,12 Pa.sⁿ) depolamanın 10. gününde kontrol grubu ayran örneği sahiptir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.28. Farklı uygulama gücü ve sürede ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneklerinin reolojik özellikleri

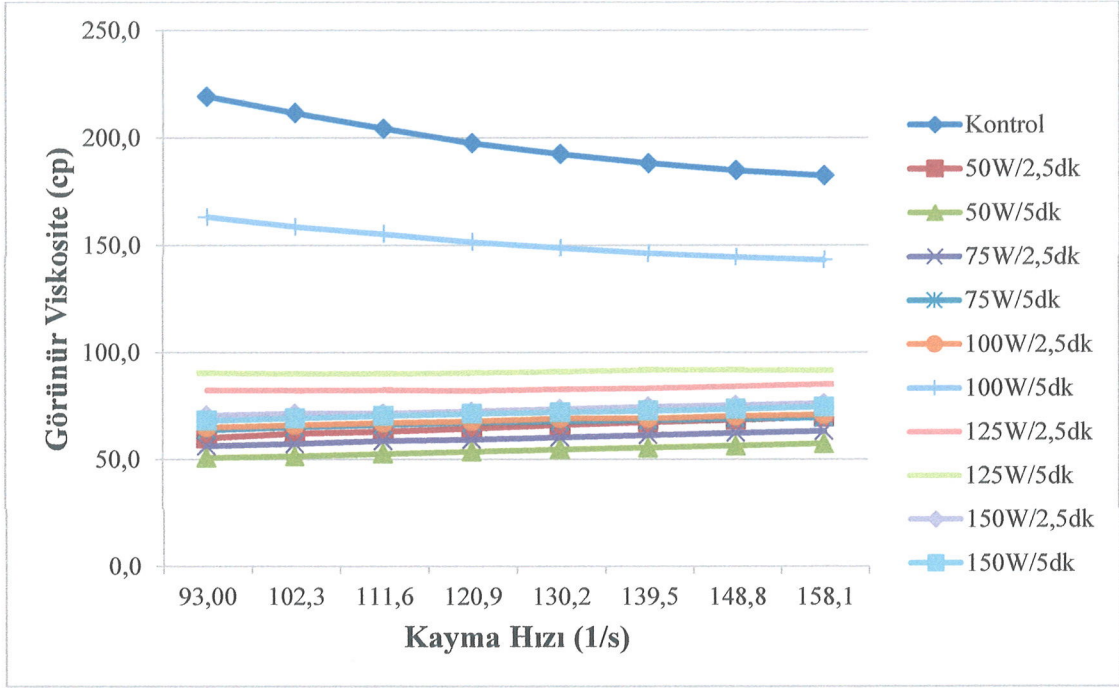
US Gücü (W) /Uygulama Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Görünür Viskozite (cp, 170 rpm)	Akış Davranış İndisi (n)	Kıvam Katsayısı (K, Pa.s ⁿ)
0	1	221,75±1,20	0,73±0,19	6,46±3,47
	5	182,5±17,11	0,65±0,12	6,65±3,06
	10	170±17,81	0,60±0,12	7,12±3,36
50/2,5	1	78,82±11,64	1,36±0,04	0,43±0,02
	5	69,88±8,98	1,28±0,01	0,46±0,03
	10	67,88±6,49	1,25±0,03	0,47±0,08
50/5	1	60,70±4,65	1,19±0,007	0,49±0,03
	5	57,41±2,33	1,23±0,02	0,42±0,04
	10	56,23±1,66	1,21±0,04	0,43±0,05
75/2,5	1	70,47±2,49	1,20±0,03	0,52±0,06
	5	64,79±4,44	1,22±0,04	0,48±0,03
	10	64,12±5,48	1,20±0,02	0,51±0,01
75/5	1	78,82±2,32	1,16±0,03	0,69±0,07
	5	69,53±0,17	1,15±7,07	0,62±0,00
	10	63,76±4,65	1,14±0,07	0,58±0,05
100/2,5	1	84,21±30,25	1,15±0,00	0,75±0,27
	5	70,94±20,79	1,16±0,02	0,62±0,21
	10	72,94±21,63	1,19±0,06	0,61±0,27
100/5	1	160,58±100,81	0,96±0,30	3,71±4,15
	5	143±0,00	0,89±0,39	4,38±5,25
	10	134,56±94,80	0,76±0,31	5,29±6,17
125/2,5	1	95,43±32,47	1,05±0,15	1,21±0,79
	5	85,16±25,93	1,07±0,05	0,95±0,40
	10	82,94±20,13	1,12±0,06	0,81±0,31
125/5	1	104,34±26,10	1,04±0,16	1,33±0,82
	5	91,53±26,96	1,04±0,02	1,10±0,36
	10	86,01±28,12	1,06±0,01	0,96±0,27
150/2,5	1	91,65±42,77	1,00±0,23	1,46±1,32
	5	76,23±23,96	1,15±0,03	0,70±0,27
	10	75,41±24,45	1,18±0,06	0,65±0,31
150/5	1	84,35±10,14	1,17±0,04	0,73±0,16
	5	74,58±10,98	1,16±0,01	0,65±0,12
	10	70,12±4,32	1,10±0,07	0,73±0,18

Depolamanın 1. gününde 170 rpm'de (Kayma hızı: $158,1 \text{ s}^{-1}$) en yüksek görünür viskozite değerine (221,75 cp) kontrol grubu ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine (60,7 cp) ise 50 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.16).



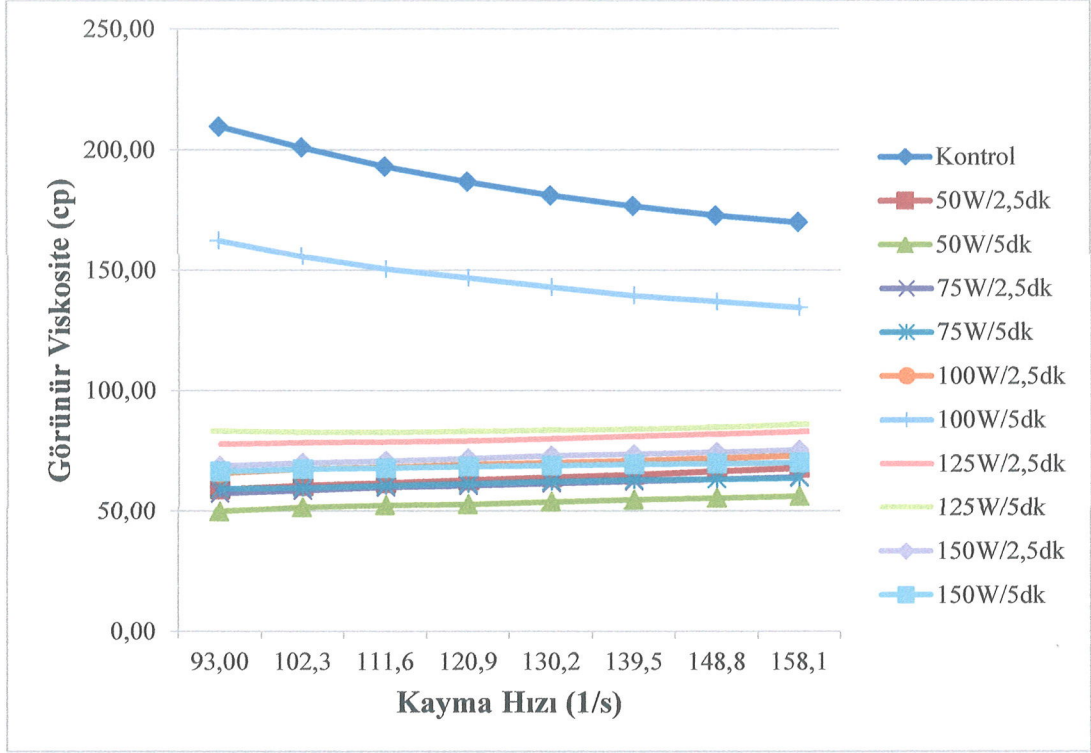
Şekil 4.16. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının birinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

Depolamanın 5. gününde ise 170 rpm'de (Kayma hızı: $158,1 \text{ s}^{-1}$) yine en yüksek görünür viskozite değerine (182,5 cp) kontrol grubu ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine (57,41 cp) ise 50 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının beşinci gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

Depolamanın 10. gününde ise 170 rpm'de (Kayma hızı: $158,1 \text{ s}^{-1}$) en yüksek görünür viskozite değerine (170,00 cp) kontrol grubu ayran örneğinin, en düşük görünür viskozite değerine (56,23 cp) ise 50 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanmış ayran örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.18. Farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanmış ayranların depolanmasının onuncu gününde farklı kayma oranlarında görünür viskozite değerleri

Sonuç olarak görünür viskozitenin kayma hızı arttıkça azalması kontrol grubu ve 100 W güçte 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların pseudoplastik davranışta akış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18).

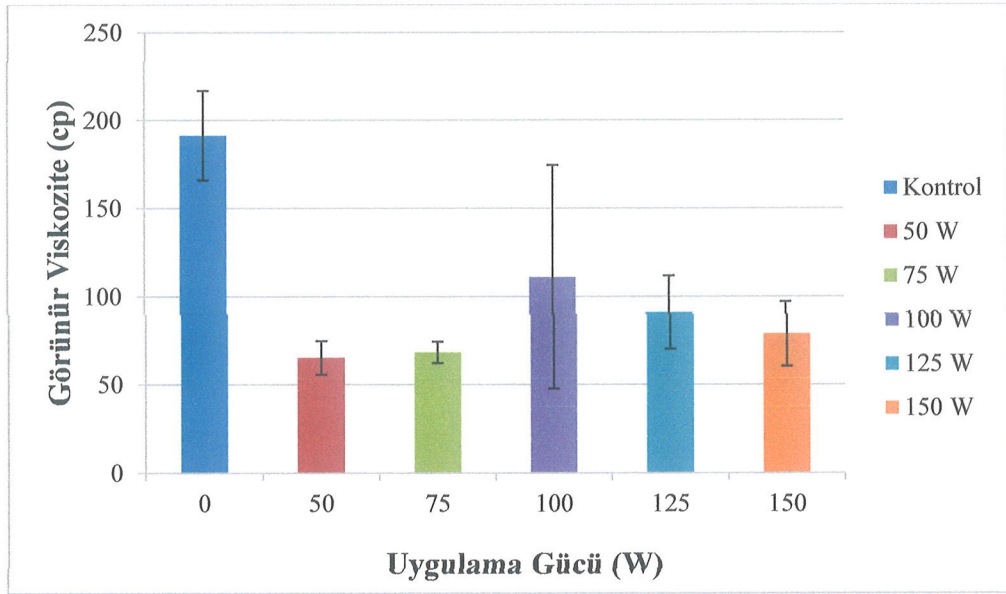
Ultrasonikasyon gücü, uygulama süresi, depolama süresi ve uygulama gücü x uygulama süresi interaksyonu ayranların görünür viskozite değerleri üzerinde etkili bulunmuştur ($p < 0,05$).

Ultrasonikasyon gücünün görünür viskozite değeri üzerine etkisi değerlendirildiğinde, en yüksek viskozite değerine (191,41 cp) kontrol grubunun, en düşük viskozite değerine ise 50 ve 75 W güç uygulanarak üretilen örneklerin sahip olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.27). 125 W ve 150 W güç uygulanarak üretilen örneklerin viskozite değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Şekil 4.19).

Çizelge 4.29. Uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri

Uygulama gücü (W)	Görünür Viskozite (cp)
0	191,41±25,32 ^A
50	65,15±9,5 ^D
75	68,33±6,10 ^D
100	111,07±63,35 ^B
125	90,90±20,80 ^C
150	78,72±18,31 ^{DC}

*A,B,C,D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 4.19. Uygulama gücüne göre görünür viskozite değerleri

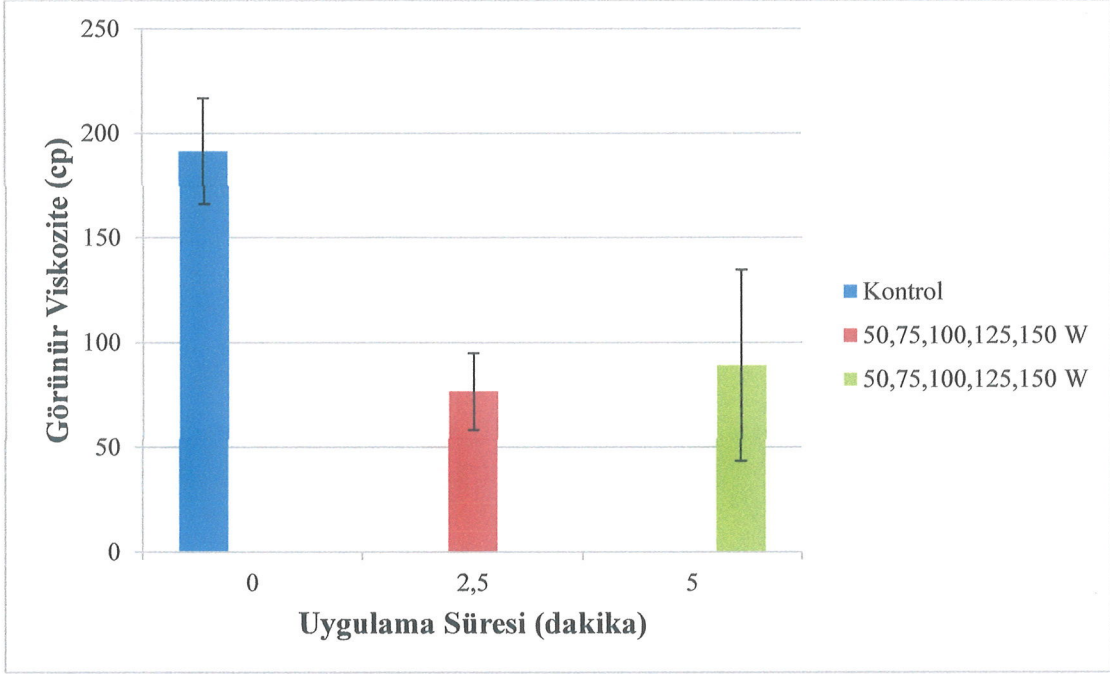
Karıştırma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanmasının, viskozite artışı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Ultrasonikasyon uygulamasının ayranların görünür viskozite değerleri üzerinde etkisine bakıldığında, en yüksek viskozite değerine (191,41 cp) kontrol grubunun sahip olduğu, değer olarak 2,5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan örneklerin görünür viskozite değerlerinin 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanan örneklerin görünür viskozite değerinden düşük olduğu, ancak istatistiksel olarak 2,5 dakika ve 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların viskozite değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$) (Çizelge 4.28). Uygulama süresine göre viskozite değerleri grafik halinde Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.30. Uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

Örnek	Uygulama Süresi (dakika)	Görünür Viskozite (cp)
Kontrol	0	191,41±25,32 ^A
50,75,100,125,150 W	2,5	76,62±18,26 ^B
	5	89,04±45,52 ^B

*^{A,B}: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).



Şekil 4.20. Uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

Ayrıca görünür viskozitenin optimum değere sahip olması yapısal kalite açısından önemlidir. Ancak elde edilen veriler, ultrasonikasyon uygulama süresinin ayranların görünür viskozite değerlerinde artış sağlamadığını göstermiştir.

Depolama süresince ayranların görünür viskozite değerleri azalmıştır. Depolamanın 10. gününde en yüksek viskozite değerine (170,00 cp) kontrol grubu, en düşük viskozite değerine (62,05 cp) ise 50 W güç uygulanarak üretilen ayranların sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.31. Depolama süresince ultrasonikasyon uygulama gücünden bağımsız olarak elde edilen görünür viskozite değerleri

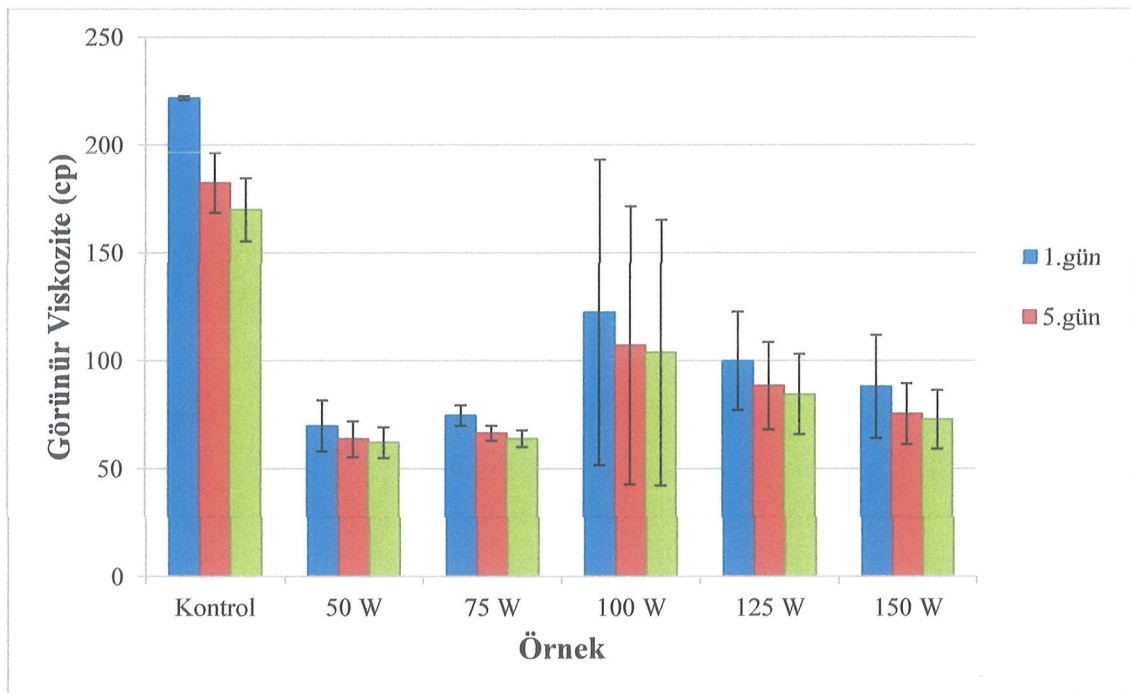
Örnek	1. gün	5. gün	10. gün
Kontrol	221,75±0,98	182,50±13,97	170,00±14,55
50 W	69,76±11,77	63,64±8,31	62,05±7,18
75 W	74,65±4,82	66,41±3,55	63,94±3,85
100 W	122,39±70,82	107,06±64,48	103,75±61,53
125 W	99,88±22,77	88,34±20,28	84,47±18,56
150 W	88,00±23,82	75,41±14,11	72,76±13,57

Gün bazında genel ortalamaya bakıldığında ise, depolamanın 1. günü örneklerin viskozite değerleri depolamanın 5. ve 10. günü viskozite değerlerinden anlamlı bir büyük ve şekilde farklıdır ($p<0,05$) (Çizelge 4.30). İlaveten 5. ve 10. gün örnek ortalamaları arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$) (Şekil 4.21).

Çizelge 4.32. Depolama süresince ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerindeki değişim

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Görünür Viskozite (cp)
Kontrol 50,75,100,125,150 W	1	102,83±52,92 ^A
	5	89,48±43,89 ^B
	10	85,82±40,90 ^B

*A,B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).



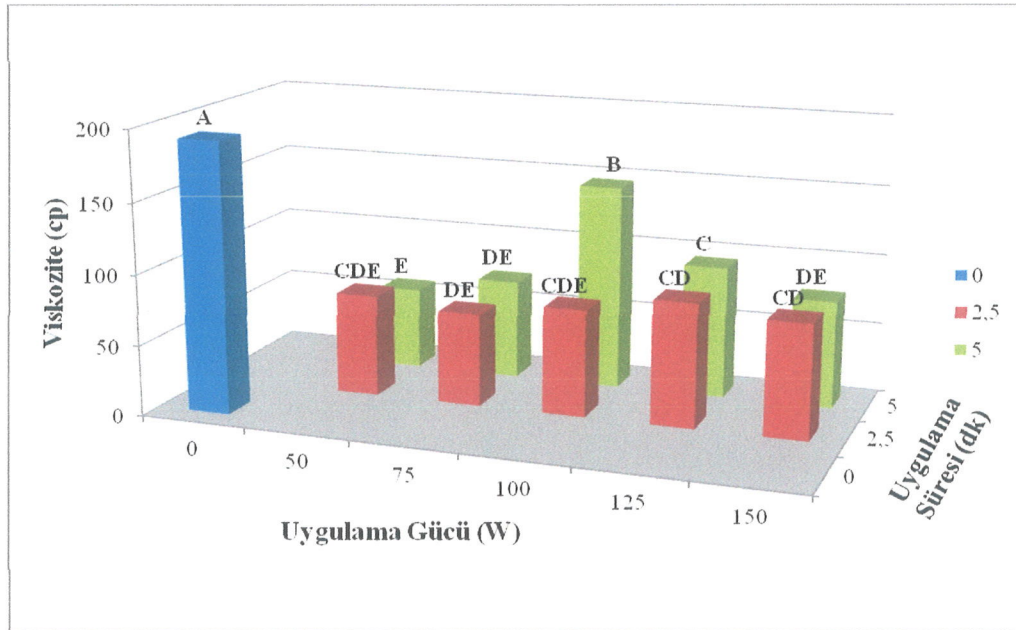
Şekil 4.21. Depolama süresine göre ayran örneklerinin görünür viskozite değerleri

Uygulama gücü x uygulama süresi interaksiyonunun ayranların viskozite değerleri üzerindeki etkisine bakıldığında, interaksiyonun, viskoziteyi artırma yönünde bir etkisi olmadığı; çünkü en yüksek değer (191,41 cp) kontrol grubu ayranlarda olduğunu görülmüştür (Çizelge 4.31). En düşük viskozite değeri (58,11 cp) 50 W güç ve 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranlarda tespit edilmiştir. İnteraksiyona ilişkin grafik Şekil 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

Uygulama gücü (W)	Uygulama Süresi (dakika)	Görünür Viskozite (cp)
0	0	191,41±25,32 ^A
50	2,5	72,19±8,46 ^{CDE}
	5	58,11±3,05 ^E
75	2,5	65,96±4,33 ^{DE}
	5	70,70±6,85 ^{DE}
100	2,5	76,03±19,16 ^{CDE}
	5	146,11±73,11 ^B
125	2,5	87,84±20,49 ^{CD}
	5	93,96±21,54 ^C
150	2,5	81,10±24,63 ^{CD}
	5	76,35±9,08 ^{CDE}

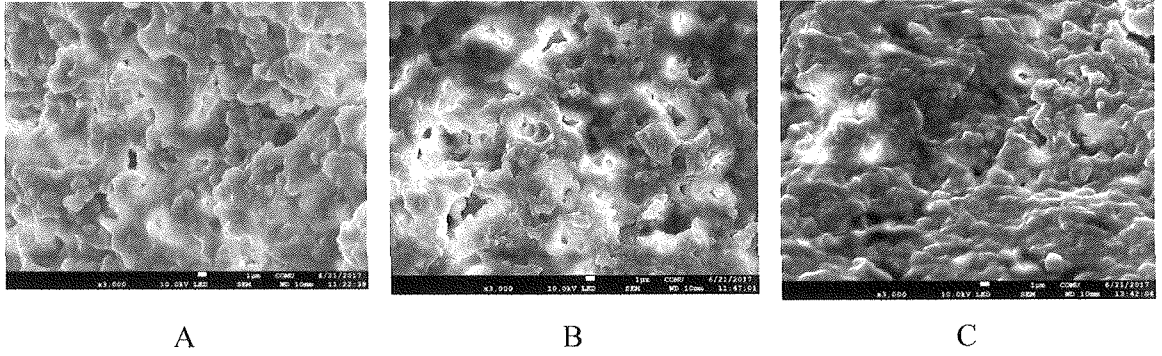
*A,B,C,D,E Örnekler arasındaki farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 4.22. Uygulama gücü ve uygulama süresine göre görünür viskozite değerleri

4.3.6. Ultrasonikasyonun Ayranların Mikroyapıları Üzerine Etkisi

Geleneksel yöntemle üretilmiş (kontrol) ve 50 ile 150 W güçlerde 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilmiş ayran örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.23'te verilmiştir. SEM görüntülerinden 150 W 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayran örneğinin (C) çok daha az dallanmış bir mikroyapıya sahip olduğu ve petek benzeri bir ağ yapısı sergilemediği görülmüştür. Yapı boyunca diğer örneklere kıyasla (A ve B) daha az gözenek gözlemlenmiştir. Ortalama yapısal boyutun yaklaşık 2 µm olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, kontrol ve 50 W 5 dakika ultrasonikasyon kullanılarak üretilen ayran örneklerinin (A ve B), petek benzeri bir ağ yapı gösterdiği ve yapı boyunca çok sayıda gözenek olduğu belirlenmiştir. Ortalama partikül boyutunun çok belirgin bir farklılık göstermediği dikkati çekmektedir. Üretim sonrası ayrana yüksek güçte ultrasonikasyon uygulamasının serum ayrılmasını arttırması ve viskozite üzerinde olumlu etkilerinin olmaması belirlenen mikro yapı ile ilişkili olabilir.



Şekil 4.23. Geleneksel yöntemle (A) Ve 50 W (B) ve 150 W (C) güçlerde 5 dakika ultrasonikasyon uygulanmış ayranlara ait elektron mikroskobu görüntüleri (Büyütme: x 3000)

4.3.7. Ayran Örneklerinin Duyusal Niteliklerine İlişkin Değerlendirmeler

Yapılan istatistiksel analizde ayran örneklerinin duyusal lezzeti üzerinde ultrasonikasyon uygulama gücü, depolama süresi, uygulama süresinin önemli olduğu belirlenmiş ($p < 0,05$) (Çizelge 4.32, 4.33 ve 4.34) diğer parametreler lezzet değeri üzerinde etkili olmamıştır ($p > 0,05$). Çizelge 4.35'te ultrasonikasyon gücünün ayranların duyusal lezzet puanları üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Hem uygulama süresine hem de uygulama gücüne göre panelistler lezzet açısından en çok geleneksel yöntemle üretilen ayran örneğini beğenmiştir (Çizelge 4.34). Ayrıca depolama süresince ayranların lezzet puanı ortalamalarının azaldığı görülmüştür. Panelistler tarafından depolamanın 1. gününde ayranların lezzetine ilişkin verilen yanıtların ortalamalarına bakıldığında; en çok kontrol grubu ayranların beğenildiği belirlenmiştir ($p<0,05$). 2,5 dakika ve 5 dakika süresince ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların lezzet değeri ortalamasının birbirine çok yakın olduğu istatistikî olarak da aralarında anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Yani ultrasonikasyon uygulama süresi, lezzet beğenisi üzerinde farklılık yaratmamıştır.

Yapılan istatistiksel analizde diğer faktörler dikkate alınmadan ayran örneklerinin depolamanın birinci gününde 4,46 olan duyuusal lezzet puanı ortalamasının 10 gün depolama sonunda 4,02'ye düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.33) ($p<0,05$). Depolamanın 10. günündeki lezzet ortalamalarına bakıldığında ise panelistler beğeni tercihlerini kontrol grubu ayranlardan yana kullanmıştır. 7'li değerlendirme skalasına göre en düşük lezzet değerlerine (2,75) 150 W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulanarak üretilmiş olan ayranların sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Çizelge 4.35).

Sonuç olarak, ultrasonikasyon uygulamasının tüketicinin lezzet tercihini olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.34 Ultrasonikasyon uygulama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi

Örnek	Uygulama süresi (dakika)		
	0	2,5	5
Kontrol 50,100,125,150 W	4,98±1,78 ^A	4,25±1,93 ^B	3,94±1,95 ^B

*^{A,B,C}: Farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Çizelge 4.35 Ultrasonikasyon depolama süresinin ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi

Örnek	Depolama Süresi (gün)	Lezzet Puanı
Kontrol 50,100,125,150 W	1	4,46±1,98 ^A
	10	4,02±1,89 ^B

*^{A,B,C}: Farklı harfle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Çizelge 4.36 Ultrasonikasyon uygulama gücünün ayran örneklerinin lezzet puanlarına etkisi

Örnek	Uygulama gücü (W)					
	0	50	75	100	125	150
Kontrol 50,100,125,150 W	4,98±1,78 ^A	4,58±1,83 ^{BA}	4,39±1,70 ^{BC}	3,73±2,09 ^{DC}	3,96±1,96 ^D	3,80±2,02 ^D

*^{A,B,C}: Farklı harfle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Çizelge 4.37. Duyusal lezzet puanları

Ultrasonikasyon Gücü (W)	Ultrasonikasyon Süresi (dakika)	Depolama Süresi (gün)	Lezzet Puanı
0	0	1	5,47±1,72
		10	4,50±1,72
50	2,5	1	4,66±1,99
	2,5	10	3,91±1,88
50	5	1	5,16±1,43
	5	10	4,58±1,86
75	2,5	1	4,00±1,91
	2,5	10	4,58±1,28
75	5	1	4,79±1,61
	5	10	4,25±1,93
100	2,5	1	4,37±2,14
	2,5	10	3,87±1,96
100	5	1	3,58±2,10
	5	10	3,12±2,09
125	2,5	1	4,04±2,15
	2,5	10	4,58±2,01
125	5	1	3,91±1,71
	5	10	3,33±1,85
150	2,5	1	4,20±2,16
	2,5	10	4,33±1,90
150	5	1	3,91±2,20
	5	10	2,75±1,45

4.3.8. Ayran Örneklerinin Mikroorganizma İçeriklerine İlişkin Değerlendirmeler

Ultrasonikasyon uygulamasının starter kültür üzerine etkisini gözlemlemek amacı ile inkübasyon sonu pıhtı kırma/soğutma aşamasından sonra farklı güç ve sürelerde ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranlardan ultrasonikasyon aşamasından sonra numune alınarak starter kültür popülasyonuna bakılmıştır. Çizelge 4.34'te ayran örneklerinin mikroorganizma içerikleri verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayıranda raf ömrü boyunca toplam spesifik mikroorganizma sayısının minimum 10^6 kob/g olması gereklidir (Anonim, 2009). Çizelgeden de görüldüğü üzere, pıhtı kırımı sonrasında ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların spesifik mikroorganizma popülasyonları ultrasonikasyon işleminden etkilenmemiştir.

Çizelge 4.38. Ayran örneklerinde belirlenen mikroorganizma sayıları (kob/mL)

Örnek	Laktobasil	Laktokok
Kontrol	$6,9 \times 10^4$	$1,75 \times 10^8$
50 W	$5,0 \times 10^4$	$3,6 \times 10^8$
75 W	$5,5 \times 10^4$	$2,67 \times 10^8$
100 W	$8,7 \times 10^4$	$1,62 \times 10^8$
125 W	$2,5 \times 10^4$	$2,77 \times 10^8$
150 W	$5,5 \times 10^4$	$3,52 \times 10^8$

5. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı güç ve sürelerde ve üretimin farklı aşamalarında ultrasonikasyon uygulamasının ayranın bazı kalite parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Düşük serum ayrılması ve yüksek viskozite değeri, ayranın istenen optimum yapısal kalite unsurları arasında yer almaktadır. Tüketici açısından yüksek serum ayrılması bayat bir ürün izlenimi oluştururken, düşük viskozite ağızda hoş olmayan fazla akışkan bir his bırakmaktadır. Rekabetin en üst düzeye ulaştığı gıda sektöründe, tüketicinin ürün tercihinde söz konusu bu iki kalite parametresi belirleyici rol oynamaktadır.

Serum ayrılması ve viskozite üzerinde düşük kurumda, yüksek inkübasyon sıcaklığı, hızlı asidifikasyon ile jel oluşumu, yoğurt jeline uygulanan mekanik etki gibi proses ve depolama koşulları etkilidir. Ancak bu çalışmamızda bütün koşullar sabit tutularak yalnızca ultrasonikasyonun serum ayrılması ve viskozite üzerindeki etkisi gözlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma sayesinde, starter kültür ilavesinden önce ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların genel kompozisyonunda ve renk bileşimlerinde uygulamaya bağlı olarak önemli bir değişiklik olmadığı, ürün asitlik değerlerinin depolama süresince arttığı, pH değerlerinin ise azaldığı; uygulama parametrelerinin serum ayrılması problemini tamamen ortadan kaldırmada yeterli olmadığı ancak uygulama sayesinde ultrasonikasyon uygulanmadan üretilen örneğe (kontrol) göre serum ayrılması değerlerinde %50 oranında azalma sağlandığı; uygulamanın viskoziteyi artırma yönünde başarılı olduğu ancak ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların lezzeti ve ultrasonikasyon uygulanmadan üretilen ayranların lezzeti arasında tüketici tarafından belirgin bir ayırım sağlayamadığı bulunmuştur.

Pıhtı kırma/soğutma aşamasından sonra ultrasonikasyon uygulanarak üretilen ayranların da genel kompozisyon ve renk bileşimlerinde uygulamaya bağlı önemli bir değişiklik olmadığı, depolama süresince ürün asitliğinin arttığı ve pH değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Ancak uygulamanın serum ayrılmasını azaltma ve viskoziteyi artırma üzerinde olumlu bir etkisi olmamıştır. Ayrıca tüketicinin lezzet tercihine ilişkin değerler, ultrasonikasyon uygulanmadan üretilen ayranların değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Elde edilen veriler ışığında ultrasonikasyon uygulamasının üretimin hangi aşamasında gerçekleştirildiğinin çok önemli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çalışmamızın ikinci bölümünde elde edilen verilerin bir bölümü gerek çalışmamızın birinci bölümünde elde edilen değerlerle gerekse bazı literatür

verilerlerinden farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmanın ikinci bölümüne ait örneklerin reolojik ölçümleri teknik arıza nedeniyle küçük örnek adaptörü ile yapılamamıştır. Aynı zamanda elde edilen bazı verilere ait standart sapma değerlerinin çok yüksek olması çalışmanın bu bölümünün tekrar edilmesinin yararlı olacağını düşündürmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünün gerçekleştirilmesinde bundan sonra yapılacak çalışmalarda reolojik ölçümlerin tekrar edilmesi ve ölçümlerin küçük örnek adaptörü ile yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, S., Hayat, K., Krangwa, E., Bashari, M. ve Zhang, X., 2013. An overview of ultrasound-assisted food-grade nanoemulsions. *Food Engineering Reviews*, 5, 139–157.
- Al-Hilphy A.R.S., Niamak, A.K., Al-Temimi, A.B., 2012. Effect of ultrasonic treatment on buffalo milk homogenization and number of bacteria. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 2, 113-118.
- Anandan, S., Keerthiga, M., Vijaya, S., Asiri, A.M., Bogush, V., Krasulyaa, O., 2016. Physicochemical characterization of black seed oil-milk emulsions through ultrasonication. *Ultrasonic Sonochemistry*, *In Press*.
- Anonim, 1981. TS 1018 Çiğ Süt Standardı, Türk Standartları Enstitüsü Ankara.
- Anonim, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. (Tebliğ No: 2009/25) Resmi Gazete Sayı: 27143, 16.02.2009, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Ashokkumar, M., 2015. Applications of ultrasound in food and bioprocessing. *Ultrasonic Sonochemistry*, 25:17-23.
- Ashokkumar, M., Lee, J., Zisu, B., Bhaskarcharya, R., Kentish, S., 2009. Sonication increases the heat stability of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 92, 5353-5356.
- Atamer, M., 1986. Varieties and quality of dairy products, especially cheeses in Turkey. *Mljekarstvo*, 37, 137-142.
- Atamer, M., Sezgin, E., 1987. İnkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesi üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 12(4), 213-220.
- Atamer, M., Öner, Z., Çavuş, A., 1989. Chr. Hansen yoğurt kültüründen yararlanılarak üretilen set tipi yoğurtların bazı kalite ölçütlerinin karşılaştırılması. *Gıda Dergisi*, 14(2), 99-103.
- Atamer, M., Yetişmeyen, A., Alpar, O., (1986). Farklı ısı uygulamalarının inek sütlerinden üretilen yoğurtların bazı özellikleri üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 11(1), 22-27.

- Atif, A., Akhtar, N., Khan, H.M.S., 2012. Assessment of physical stability and antioxidant activity of polysiloxane polyalkyl polyether copolymer-based creams. *Journal of Chemistry*, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/938042>.
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., Youssef, M.M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: a review. *Food Research International*, 48, 410-427.
- Bayraktarođlu, G., Obuz, E., 2008. Farklı Yağ Oranlarındaki Ayrarların Kalite ve Reolojik Özellikleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Bermudez-Aguirre, D., Mawson, R., Versteeg, K., Barbosa-Canovas, 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.
- Beşergil, B. ve Beşergil, R.Ö., 1996. *Proje Çalışmaları*. 1. Baskı. Ege Üniversitesi Yayınları Bornova/İZMİR.
- Bhaskarcharya, R.K., Kentish, S., Ashokkumar, M., 2009. Selected Applications of Ultrasonics in Food Processing. *Food Engineering Reviews*, 1, 31-49
- Bodyfelt, F.W., Tobias, J., Trout, G.M., 1988. The sensory evaluation of dairy products. Van Nostrve Reinhold, New York, 598 p.
- Bourne, M.C., 2002. Physics and Texture: in *Food texture and viscosity: Concept and measurement*, Sf. 59-106, 2th Edition, New York: Academic Press.
- Bund, R.K., Pandit, A.B., 2007. Sonocrystallization: effect on lactose recovery and crystal habit. *Ultrasonic Sonochemistry*, 14, 143-152.
- Cameron, M., Macmaster, L.D., Britz, T.J., 2009. Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Science Technology*, 89, 83-98.
- 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, 975-983.
- Çelebi, N. 2009. Reoloji. Modern Farmasötik Teknoloji Kitabı. Yayın tarihi: 01.01.2009. Türk Eczacılar ve Eczacılık Akademisi Yayını, 2. Baskı. (http://e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebakademi/modern_farmasotk/23.pdf) Erişim Tarihi: 12.06.2017.

- Çolakoğlu, H., Gürsoy, O., 2011. Effect of Lactic Adjunct Cultures on Conjugated Linoleic Acid (CLA) Concentration of Yoghurt Drink. *Journal of Food Agriculture Environment*, 9, 60-64.
- D'Amico, D., Silk, T.M., Wu, J., Guo, M. 2006. Inactivation of Microorganisms in Milk and Apple Cider Treated With Ultrasound. *Journal Food Protect*, 69,556-563.
- Dhumal, R.S., Biradar, S.V., Paradkar, A.R., York, P. 2008. Ultrasound Assisted Engineering Lactose Crystals. *Pharmaceutical Research*, Vol.25 No:12 December 2008.
- Elfagm, A.A., Wheelock, J.V. 1977. Effect of heat on α -lactalbumin and β -lactoglobulin in bovine milk. *Journal of Dairy Research*, 44, 367-371.
- Erkaya, T., M. Başlar, M. Sengul, M.F. Ertugay. 2015. Effect of thermo sonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. *Ultrasonic Sonochemistry*. 13: 406-412.
- Ertugay M.F., Şengül, M., Şengül, M., 2004. Effect of ultrasound treatment on milk homogenization and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 28: 303-308.
- Ertugay, M.F., Başlar, M. Şengül, M., Sallan, S., 2012. The effect of acoustic energy on viscosity and serum separation of traditional ayran, a Turkish yogurt drink. *Gıda Dergisi*, 37 (5), 253-257.
- Gönç, S., 1990. *Süt Teknolojisinde Homojenizasyon*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 457, Bornova, İzmir.
- Gönç, S., Akbulut, N., Kınık, Ö., Kılıç, S. 1989. Bazı kimyasal koruyucu katkı maddelerinin Ayranın dayanıklılığına etkisi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 195-206.
- Gülümser, N., 1986. Karboksimetil selüloz ile ayranın dayanıklı hale getirilmesi üzerine araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Gürsoy, O. 2000. Soya Sütünün Kaşar Peyniri Üretiminde Kullanım Olanakları. Pamukkale Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. *Yüksek Lisans Tezi*. Türkiye.
- Gürsoy, O., Yılmaz, Y., Gökçe, Ö., 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*. 28(4), 235-241

- Juraga, E., Salamon, B.S., Herceg, Z., 2011. Application of High Intensity Ultrasound Treatment on Enterobacteriae Count in Milk. *Mljekarstvo*, 61,125-134.
- Kabak, B., Dobson, A.D.W., 2011. An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 248–260.
- Keogh M.K., O’Kennedy, B.T., 1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. *Journal of Food Science*, 63, 108-112.
- Koçak, C., Avşar, Y.K., Tamuyay, B., 2006. A comparative study on the production methods of ayran. *Gıda Dergisi*, 31 (4), 225–231.
- Koçak, C., Avşar, Y.K., 2009. *Ayran: Microbiology and Technology*. In: Yildiz, F. (Ed.), Development and Manufacture of Yogurt and Functional Dairy Products. CRC Press, BocaRaton, U.S., pp. 123–141.
- Köksoy, A., Kılıç M., 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13, 835 839.
- Kök-Taş, T., Güzel-Seydim, Z., 2010. Çeşitli Yağ İkame Maddeleri ve Probiyotik Kullanımının Ayran Kalite Kriterleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 35(2),105-111.
- Kurt, Ç., 2013. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Fermente Süt İçeceğinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. *Yüksek Lisans Tezi*. Türkiye.
- Martini, S., Suzuki, A.H., Hartel, R.W., 2008. Effect of High Intensity Ultrasound on Crystallization Behaviour of Anhydrous Milk Fat. *Journal of American Oil Chemist’s Society*, 85,621-628.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P., 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, 253-260.
- Mc Clements, D.J., 1999. *Food Emulsions; Principles, Practice and Techniques*. 2nd Ed. CRC Press.
- O’Donell, C.P., Tiwari, B.K., Bourke, P., Cullen, P.J., 2010. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 358-367.
- O’Sullivan, J., Arellano, M., Pichot, R., Norton, I. 2014. The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of dairy proteins. *Food Hydrocolloids*, 42, 386-396.

- Oliveira, M.N., Sodini, I., Tissier, J.P., Corrieu, G., 2002. Manufacture of fermented lactic beverages containing probiotic cultures. *Journal of Food Science*, 67(6), 2336-2340.
- Onoğur, T., Elmacı, Y., Demirađ, K., 2011. *Gıda Kalite Sađlama*. Sidas Yayınları. Baskı Yılı:2011, sf: 155.
- Ordoñez, J.A., Aguilera, M.A., Garcia, M.L., Sanz, B., 1987. Effect of combined ultrasonic and heat treatment (thermoultrasonication) on the survival of a strain of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Dairy Research*, 54, 61-67. doi:10.1017/S0022029900025206.
- Oysun, G., Gönç, S., 1993. Tereyağına İşlenecek Kremaya Uygulanacak İşlemler. *Gıda Dergisi*, 18(5), 333-338.
- Oysun, G., 2001. *Süt ve Süt Ürünlerinde Analiz Metotları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları İzmir.
- Özer, H.B., Atamer, M., 1994. Yoğurt Jelinin Oluřumunda Serum Proteinlerinin Rolü. *Gıda Dergisi*, 19 (3), 155-159.
- Özünlü, B.T., 2005. Ayran Kalitesinde Bazı Parametreler Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Özünlü, B.T., Koçak, C., 2010. Farklı İnkübasyon Sonu Asitliğinin Ayran Kalitesine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 35 (2), 113-119.
- Özünlü, B.T., Koçak, C., 2010. Süte Farklı Homojenizasyon Basınçları Uygulamanın Ayran Kalitesine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 35 (3), 189-195.
- Özünlü, B.T., Koçak, C., 2010. Süte Farklı Isıl İşlem Uygulamalarının Ayran Kalitesine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 35 (5), 355-362.
- Patel, S.R., Murthy, Z.V.P., 2009. Ultrasound Assisted Crystallization for the Recovery of Lactose in an Anti-Solvent Acetone. *Crystal Research and Technology* 44, No:8, 889-896.
- 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.
- Penna, A.L.B., Sivieri, K., Oliveria, M.N., 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. *Journal of Food Engineering*, 49, 7-13.

- Rašić, J.Lj., Kurmann, J.A., 1978. *Yoghurt, Volume I*. Distributed by Technical Dairy Publishing House, p. 427, Copenhagen, Denmark.
- Raso, J., Palop, A., Condon, S., 1998. Inactivation of *Bacillus subtilis* Spores by Combining Ultrasonic Waves Under Pressure and Mild Heat Treatment. *J. Appl. Microol.*, 85, 849-854.
- Renner, E., 1991. *Dictionary of milk and dairying*. Printing Pustet Resenburg, Germany, 384 p.
- Reucroft, G., Hipkiss, D., Ly,T., Maxted, N., Cains, P.W., 2005. Sonocrystallization: The Use of Ultrasound for Improved Industrial Crystallization. *Organic Process Research & Development*, 9, 923-932.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G., 2009. The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yogurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114, 905-911.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G., 2010. A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chemistry*, 119, 1108-1113.
- Ross, Y., 1993. Melting and Glass Transitions of Low Molecular Weight Carbohydrates. *Carbohydrate Research*, 238:39.
- Schmidt, K., Bledsoe, K., 1995. Effects of homogenization pressure on physical and sensory characteristics of low fat yogurt. *Cultured Dairy Products Journal*, 30(4), 7-10.
- Sezgin, E., Atamer, M., Gürsel, A., 1988. Yerli ve yabancı starter kullanılarak yapılan yoğurtların kaliteleri üzerinde bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 13(1), 5-11.
- Sherba, G., Weigel, R.M., O'Brien, W.D., 1991. Quantitative Assessment of the germicidal efficacy of ultrasonic energy. *Applied and Environmental Microbiology*. July 1991, Vol:57, No:7 p:2079-2084.
- Singh, H., Fox, P.F., 1989. Heat – induced changes in casein. Bulletin of the International Dairy Federation no:238, p.24-30, Brussels- Belgium.
- Steffe, J.F., 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*, 2nd ed. Freeman Press, East Lansing, MI, USA.
- Şanlı, T., Sezgin, E., Şenel, E., Benli, M., 2011. Geleneksel Yöntemle Ayran Üretiminde Transglutaminaz Kullanımının Ayranın Özellikleri Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi* 36 (4), 217-244.

- Şeker, P., Patır, B., 2011. Kısa ve Uzun Ömürlü Ayrarlarda Potasyum Sorbat Uygulamasının Kimyasal ve Duyusal Kaliteye Etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 25 (2), 71 – 81.
- Şenel, E. Atamer M., Öztekin, Ş., 2010. Yayıklama Parametrelerinin Yayık Ayrarı ve Yayık Tereyağının Bazı Nitelikleri Üzerine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 35 (4), 267-274.
- Tamime, A.Y, Robinson, R.K., 1999. *Yoghurt: Science and Technology*, Second Edition., Woodhead Publishing Ltd. and CRC Pres LLC, England, p 619.
- Tamuçay Özünlü, B., Koçak, C., 2010. Süte farklı ısı işlem uygulamalarının ayran kalitesine etkisi. *Gıda Dergisi*, 35(5), 355-362.
- Tamuçay-Özünlü, B., 2005. Ayran Kalitesinde Etkili Bazı Parametreler Üzerine Araştırmalar, *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Tonguç, İ.E., 2006. Probiyotik Ayran Üretimi Üzerine Bir Araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, Türkiye.
- Tunçtürk, Y., Zorba, Ö., Özrenk, E., 2000. Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin set yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. *Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 45-52.
- Üçüncü, M., 2004. *A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi Cilt-1*. S: 256-263, İzmir, Meta Basım.
- Vercet, A., Burgos, J., Lopez-Buesa, P., 2002. Manothermosonication of heat-resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens*: effect of pH and sonication parameters. *Journal of Dairy Research*, 69, 243-254.
- Villamiel M., Verdurmen, R., de Jong, P., 2000. Degassing of Milk by High – Intensity Ultrasound. *Milchwissenschaft*, 55, 123-125.
- Wu, H., Hubert, G.J., Mount, J.R., 2001. Effects of Ultrasound on Milk Homogenization and Fermentation With Yoghurt Starter. *Innovation Food Science Emergancy Technology*, 1,211-218.
- Yanes, M., Duran, L., Costell, E., 2002a. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids*, 16, 605-611.
- Yanes, M., Duran, L., Costell, E., 2002b. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering*, 51, 229-234.

- Yaygın, H., 1999. *Yoğurt teknolojisi*. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Yayın no:75, 331s, Antalya.
- Yaygın, H., Gahun, Y., 1983. Değişik kaynaklı yoğurtlardan yapılan ayranların bazı özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 20(3), 83-90.
- Yıldırım, Z., Sezgin, E., Atamer, M., 1994. Kurumaddesi artırılmış ve artırılmamış sütlerden tam ve kısmi homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen yoğurtların kalite kriterleri üzerine araştırmalar. *Journal of Agricultural and Forestry*, 18 271-278, TÜBİTAK, Ankara.
- Zamanipoor, M.H., Dinçer, T.D., Zisu, B., Jayasena, V., 2013. Nucleation and Growth Rates of Lactose as Affected by Ultrasound in Aqueous Solutions. *Dairy Science&Technology*, 93, 595-604.

EKLER

EK-1

Panelist Numarası:.....

AYRAN DUYUSAL TESTİ

Sayın Panelist,

Size, toplamda **6 (altı)** adet AYRAN örneği sunulacaktır. Ayran örneklerini tatmaya başlamadan önce bir miktar su içiniz. Örnekleri derseniz tekrar test edebilirsiniz. Ayran örneğinin tadına baktıktan sonra LEZZET açısından beğeni durumunuzu da belirtiniz. Derseniz açıklama kısmına tercihinizle ilgili açıklama yapabilirsiniz.

ÖRNEK NO:.....

LEZZET Açısından beğeni durumu

- Çok beğendim.
 Orta derecede beğendim.
 Biraz beğendim.
 Ne beğendim ne de beğenmedim.
 Biraz beğenmedim.
 Orta derecede beğenmedim.
 Hiç beğenmedim.

Açıklama:.....
.....
.....
.....

Panelist Yaşı:.....

Panelist Cinsiyeti: Erkek Kadın

Panelist Çalışma Durumu: Öğrenci İdari Personel
 Akademik Personel Diğer

Katılımınız İçin Teşekkür Ederiz.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Aybüke YAZAR ÖZEN

Doğum Yeri ve Yılı: Eskişehir, 1986



Eğitim Durumu

Lise: Sorgun Anadolu Lisesi

Susurluk Anadolu Lisesi

Lisans: Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Yıl

2000-2001

2001-2004

2004-2008

Çalıştığı Kurum/Kurumlar

Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
(KOSGEB), Burdur Müdürlüğü, BURDUR 2013-halen

Rani Çiftliği, Evrenseki/Manavgat/ANTALYA

2011

Yörsan Gıda San. ve Tic. A.Ş. Susurluk/BALIKESİR

2009-2011

Külahçıoğlu Yemek Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Kemalpaşa/İZMİR

2008

Sunto Gıda Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Kemalpaşa/İZMİR

2008

Matay Analitik ve Mikrobiyolojik Test Sistemleri Karşıyaka/İZMİR

2008

Yayımları (SCI ve diğer makaleler)

- Gürsoy, O., Yazar, A., Yılmaz, Y. 2015. Peynirlerde Bulunan Kan Basıncını Düşürücü Biyoaktif Peptitler. *Akademik Gıda*, 13(3), 237-246.