



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

**AYRANIN FİZİKOKİMYASAL VE REOLOJİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE TRANSGLUTAMİNAZ
ENZİMİ İLE ULTRASONİKASYON İŞLEMİNİN
BİRLİKTE KULLANIMININ ETKİSİ**

Ümit Serdar DUMAN

BURDUR, 2019

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

**AYRANIN FİZİKOKİMYASAL VE REOLOJİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE TRANSGLUTAMİNAZ
ENZİMİ İLE ULTRASONİKASYON İŞLEMİNİN
BİRLİKTE KULLANIMININ ETKİSİ**

Ümit Serdar DUMAN

Danışman: Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

BURDUR, 2019

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Ümit Serdar DUMAN tarafından Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY yönetiminde hazırlanan “Ayranın Fizikokimyasal ve Reolojik Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enzimi ile Ultrasonikasyon İşleminin Birlikte Kullanımının Etkisi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/08/2019

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY (Danışman)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Doç. Dr. Ayhan ORAL (Jüri Üyesi)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.....



Dr. Öğr. Üyesi Şükran KULEAŞAN (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



ONAY

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

(İmza)

.....
Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Ayranın Fizikokimyasal ve Reolojik Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enzimi ile Ultrasonikasyon İşleminin Birlikte Kullanımının 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.

06/08/2019

(İmza)

Ümit Serdar DUMAN

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile her aşamada çalışmama önemli katkılar sağlayan çok değerli danışmanım Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın uygulama aşamasında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Uzman Özge GÖKÇE ile yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarım Kübra KOCATÜRK, Rabia FAKI, Elif Buse TAŞ ve Mehmet Onur KARTAL'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımı sorunsuz bir şekilde yürütebilmem için her türlü desteği sağlayan ve araştırmanın gerçekleşmesi için bütün imkanları ile yanımda olan Aynes Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen ve güç veren annem Benzigül BALABAN'a, her zaman yanımda olan sevgili eşim Neşecan DUMAN'a ve oğlum Kerem DUMAN'a sonsuz sevgilerimi sunarım.

Ağustos, 2019

Ümit Serdar DUMAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Ayran.....	4
2.1.1. Ayranın Tanımı ve Özellikleri.....	4
2.1.2. Ayran Üretimi.....	5
2.2. Ultrasonikasyon.....	6
2.3. Transglutaminaz.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Ayran Üretimi.....	14
3.2.2. Ultrasonikasyon Uygulamaları.....	16
3.2.3. Transglutaminaz Enzimi İlavesi.....	16
3.2.4. Ultrasonikasyon İşlemi ve Transglutaminaz Enziminin Birlikte Kullanımı.....	16
3.2.5. Kimyasal ve Fizikokimyasal Analizler.....	16
3.2.6. Serum Ayrılması.....	17
3.2.7. Reolojik Analizler.....	17
3.2.8. Renk Tayini.....	17
3.2.9. Mikrobiyolojik Analizler.....	18

3.2.10.Duyusal Analiz.....	18
3.2.11. İstatiksel Analizler.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Çiğ Sütün Bileşimi.....	20
4.2. Ayran Örneklerinin Genel Bileşimi.....	20
4.3. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri.....	21
4.4. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Asitlik ve pH Değerleri Üzerine Etkisi.....	25
4.5. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Serum Ayrılması Üzerine Etkisi.....	28
4.6.Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Reolojik Özelliklerine Etkisi.....	30
4.7.Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Duyusal Özelliklerine Etkisi.....	35
4.8.Ayran Örneklerinin Mikrobiyolojik Kriterlerinin Değerlendirilmesi.....	37
5. SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	41
EKLER.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.4. Transglutaminaz enziminin 3 boyutlu yapısı	11
Şekil 3.1. Ayran üretim akış şeması	21
Şekil 4.1. CIE L*, a* ve b* renk sistemi	21
Şekil 4.2. Ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz ve ultrasonikasyon+farklı oranlarda transglutaminaz uygulanmış ayranların depolanmasının birinci gününde farklı kayma hızlarında görünüş viskozite değerleri	34
Şekil 4.3. Ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz ve ultrasonikasyon+farklı oranlarda transglutaminaz uygulanmış ayranların depolanmasının onuncu gününde farklı kayma hızlarında görünüş viskozite değerleri.....	34

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayranın özellikleri..4	
Tablo 4.1. Çiğ inek sütünün bileşimi.....20	
Tablo 4.2. Ayran örneklerinin kimyasal bileşimi.....21	
Tablo 4.3. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen renk parametreleri22	
Tablo 4.4. Ayran üretiminde kullanılan işlemlerin ayranın renk parametrelerine etkisi....23	
Tablo 4.5. Depolama süresinin ayran örneklerinin renk parametrelerine etkisi23	
Tablo 4.6. Ayran örneklerinin asitlik ve pH değerleri üzerine ayran üretiminde kullanılan ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının etkisi26	
Tablo 4.7. Ayran üretiminde kullanılan işlemlerin ayranın % asitlik ve pH değerlerine etkisi27	
Tablo 4.8. Depolama süresinin ayran örneklerinin asitlik ve pH değerleri üzerine etkisi.....27	
Tablo 4.9. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri29	
Tablo 4.10. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine etkisi30	
Tablo 4.11. Depolamanın ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine etkisi...30	
Tablo 4.12. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin reolojik özellikleri32	
Tablo 4.13. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin reolojik özellikleri üzerine etkisi33	
Tablo 4.14. Depolamanın ayran örneklerinin reolojik özellikleri üzerine etkisi33	
Tablo 4.15. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin duyuşal özellikleri.....36	
Tablo 4.16. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi37	

Tablo 4.17. Depolama süresinin ayran örneklerinin duysal özellikleri üzerine etkisi..37

Tablo 4.18. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin toplam laktobasil ve streptokok sayıları38



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

mTG	: Mikrobiyal Transglutaminaz
TG	: Transglutaminaz
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
US	: Ultrasonikasyon



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Ayranın Fizikokimyasal ve Reolojik Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enzimi İle Ultrasonikasyon İşleminin Birlikte Kullanımının Etkisi

Ümit Serdar DUMAN

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

Ağustos, 2019

Bu tez çalışmasında ultrasonikasyon uygulanarak (150W, 5 dakika), ultrasonikasyon uygulanmadan %0,01, %0,02 ve %0,03 oranlarında transglutaminaz enzimi ilave edilerek ve her iki uygulamanın birlikte kullanılması ile ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretilen ayran örneklerinin +4°C’de 10 gün depolama boyunca bazı fizikokimyasal, reolojik, duyuşsal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiş ve çalışmadaki uygulamaların ayranlar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ile muamele işlemlerinin tek başlarına ve ayrı ayrı uygulamalarının ayran örneklerinin kurumadde, yağ, protein içerikleri ile ayranların renk parametreleri (L*, a* ve b*) üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Süte uygulanan ultrasonikasyon işlemi ve transglutaminaz enzimi ile muamele işlemleri depolama süresince starter kültür gelişimini etkilememiştir. Ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam laktobasil ve toplam streptokok sayıları 7 log kob/mL değerinin altına düşmemiştir. Ultrasonikasyon+transglutaminaz enzimi ile muamele işlemleri ayranların pH değerleri üzerinde bir değişime yol açmamış (p<0,05) ancak kontrol örneğine kıyasla örneklerin %asitlik değerlerini düşürmüştür (p<0,05). Kontrol grubu ile kıyaslandığında ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz enzimi ile muamele ve her iki uygulamanın birlikte yapıldığı bütün uygulamaların ayran örneklerinde serum ayrılmasını önemli düzeyde azalttığı aynı zamanda görünür viskoziteyi arttırdığı tespit edilmiştir (p<0,05). Çalışma sonuçlarına göre transglutaminaz enziminin tek başına uygulanması yerine düşük konsantrasyonda (%0,01) ve ultrasonikasyon işlemi ile birlikte uygulanmasının ayranlarda serum ayrılmasının azaltılması ve aynı zamanda görünür viskozite değerinin artırılması amacıyla kullanımının daha etkili olabileceği görülmüştür. Benzer şekilde duyuşsal analiz sonuçları ultrasonikasyonun tek başına uygulanması yerine %0,01 transglutaminaz enzimi ile birlikte uygulanmasının duyuşsal lezzet puanı açısından daha olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Sonuç olarak transglutaminaz enziminin tek başına kullanımı yerine ve ultrasonikasyon işlemi ile birlikte kullanımının endüstride enzim kullanımının azaltılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: ayran, ultrasonikasyon, transglutaminaz, serum ayrılması, reoloji

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Effect of Combination of Transglutaminase Enzyme and Ultrasonication Process on Physicochemical and Rheological Properties of Drinking Yogurt

Ümit Serdar DUMAN

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

Supervisor: Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

August, 2019

In this thesis, drinking yogurt samples were produced by using milk samples either treated with ultrasonication (150W, 5 min), transglutaminase enzyme added at the ratio of 0.01%, 0.02% and 0.03% without ultrasonication treatment or treated by both applications. Some physicochemical, rheological, sensory and microbiological properties of drinking yogurt samples were determined during 10 days storage at + 4°C, and the effects of the applications on drinking yogurt samples were determined. Individual or combined applications of ultrasonication and transglutaminase treatments during drinking yogurt production did not have a significant effect on dry matter, fat and protein contents and CIELAB color parameters (L*, a* and b*) of drinking yogurt samples. Ultrasonication of milk and treatment with transglutaminase enzyme did not influence the starter culture growth during storage. The total lactobacilli and total streptococci counts of drinking yogurt samples did not fall below 7 log cfu/mL during storage. Treatment with ultrasonication+transglutaminase enzyme did not lead to a change in the pH value of drinking yogurt samples (p<0.05) but decreased the acidity values (%) of the samples compared to the control sample (p<0.05). In comparison to the control group, all applications (ultrasonication treatment, transglutaminase enzyme addition and their combination) decreased serum separation values significantly in drinking yogurt samples and also increased their apparent viscosities (p<0.05). According to the results, the addition of 0.01% transglutaminase enzyme and ultrasonication may be more effective to decrease the serum separation of drinking yogurt samples and to increase their apparent viscosity at the same time. Similarly, the results of sensory analysis showed that the combined application of ultrasonication treatment and 0.01% transglutaminase enzyme addition, instead of their individual use, resulted in higher sensory flavor scores. In conclusion, the combined use of transglutaminase enzyme and ultrasonication treatment may have a significant contribution to the reduction of the use of this enzyme in dairy industry.

Keywords: drinking yoghurt, ultrasonication, transglutaminase, serum separation, rheology

1. GİRİŞ

Fermente süt ürünleri günlük diyetimizin önemli bir parçasıdır (Panesar, 2011). Fermente süt ürünü denildiğinde akla ilk gelen ürünlerden biri olan ayran; yoğurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un ilave edilmesiyle hazırlanan fermente süt ürünüdür (Anonim, 2009).

Ayran ve benzeri fermente süt ürünlerinde ürünün tekstürel özelliklerinin sütün protein içeriği ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Renner, 1991). Proteinlerin gıdalardaki fonksiyonel nitelikleri yapılarının modifikasyonu ile geliştirilebilmektedir (Yıldırım vd., 1996). Bu amaçla enzimler endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Tekstürel modifikasyonu gerçekleştirmek açısından en ilgi çeken enzimler kovalent çapraz bağlanma gerçekleştirebilenlerdir. Protein moleküllerinin çapraz bağlanma ve agregasyon ile üç boyutlu ağ yapılar içerisinde bir araya gelmeleri gıdalarda arzulanan özelliklerde yeni yapılar geliştirmede en önemli süreçlerdir (Doi, 1993). Bu amaçla yüksek spesifikasyona sahip enzimatik tepkimelerin gerçekleştiği enzimatik modifikasyon oldukça kullanışlı bir yöntem olarak önerilmektedir (Özer, 2006).

Transglutaminaz (TG) enzimi, sistematik adıyla [R- glutaminy- peptide: amine γ - glutamyltransferase (EC 2.3.2.13)], proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan ve proteinlerde çapraz bağlanmaya neden olan bir transferazdır (Öner, 2004). TG, gıdaların besin değeri ve reolojik özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır (Karahan, 2015).

Süt protein jellerinin stabilitesi (asit ve rennet jelleri) temel olarak kovalent olmayan zayıf interaksiyonlar yoluyla sağlanmaktadır. TG enzimi ile protein molekülleri arasında oluşan kovalent bağlar daha kuvvetli bir kazein agregasyonuna neden olmakta ve TG enzimi etkisiyle kazeinden ısıya karşı dirençli sıkı bir jel elde edilmektedir. Ayrıca, bu şekilde oluşan jellerde uzun süre depolamadan sonra bile herhangi bir serum ayrılması gözlenmemektedir (Lorenzen 2000, Shorsch vd. 2000). Ancak; TG enzimi pH 6,7'deki yağsız süte tek başına ilave edildiğinde, herhangi bir jel oluşumu gözlenmemektedir. Çünkü, protein partikülleri arasındaki elektrostatik ve sterik itmeler çapraz bağların oluşumunu engellemektedir. Söz konusu elektrostatik ve sterik itmeye misel yüzeyinde yer

alan κ -kazein molekülleri neden olmaktadır. TG enzimi, süt proteinlerinin elektrostatik ve sterik stabilizasyonlarının bozulması sonucu etkili olabilmektedir (Shorsch vd. 2000).

Kazein, TG reaksiyonları için iyi bir substrat olarak görülmektedir. Kazeinlerin aksine, sütteki serum proteinleri disülfit bağları ile sabitlenen globüler yapıları nedeniyle çapraz bağlanma tepkimelerine daha az eğilimlidir (Sharma vd., 2001).

TG enziminin katalize ettiği çapraz bağlanmanın yoğurdun jel sıkılığını artırdığı ve geçirgenliğini azalttığı, özellikle de yağsız ya da az yağlı yoğurtlarda kullanımının pıhtı stabilitesini geliştirdiği, serum ayrılmasını geciktirdiği ve depolama asitliğini önemli ölçüde azalttığı için raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir (Faergemand vd., 1999).

TG ile işlem görmüş sütlerden üretilen yağsız set yoğurtlarda su tutma kapasitesi ve jelleşme özelliklerinde önemli artışlar meydana gelmektedir (Imm vd., 2000).

Gıda endüstrisinde kullanım potansiyeli olan ısısal olmayan yeni teknolojilerden birisi de ultrasonikasyondur (US). Ultrason veya sonikasyon, insan kulağının duymayacağı kadar yüksek frekanslı (20 kHz -10 MHz) ses dalgaları ile ortaya çıkan bir enerji türüdür (Bhaskarcharya vd., 2009). Yapılan çalışmalarda US'un süt endüstrisinde; fiziksel ve mekanik etki oluşturarak ürün özelliklerinin korunması, pastörizasyon başarısızlıklarının önüne geçilmesi, emülsifikasyon, kristalizasyon, mikroorganizmaların inaktivasyonu, ısıl stabilitenin artırılması, homojenizasyon, gaz giderme ve ürün viskozitesinin düzenlenmesi gibi ısısal olmayan alternatif bir teknoloji olarak kullanım potansiyeli olduğu bildirilmektedir. Ayranın reolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde TG enzimi (Şanlı vd., 2011) ve US işlemlerinin (Gürsoy vd., 2016; Yazar Özen vd., 2017) ayrı ayrı kullanımı ile ilgili çalışmalar literatürde bulunmaktadır.

TG enziminin ayran benzeri fermente süt ürünlerinin üretiminde serum ayrılması oluşumu ve zayıf viskozite gibi yapısal kusurların önlenmesi amacıyla endüstriyel olarak kullanıldıkları bilinmektedir. Benzer şekilde US uygulamalarının ayranların reolojik özelliklerini iyileştirdiği ve serum ayrılmasının azaltılmasında etkili bir şekilde kullanılabildikleri yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Gürsoy vd., 2016; Yazar Özen, 2017). Bu araştırma ayranın yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılabilen TG enzimi ilavesi ve US işlemlerinin birlikte kullanılmasının, üretimde TG enziminin tek başına kullanım miktarını azaltabileceği ve bu şekilde üretimde maliyet düşüşünün sağlanabileceği hipotezi ile planlanmıştır. Yapılan literatür taramasında ayran üretiminde ayranın serum ayrılması ve viskozite gibi yapısal özelliklerinin iyileştirilmesinde TG enzimi ve US uygulamalarının bir arada kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında US (150 W güçte 5 dakika) işlemi ile farklı konsantrasyonlarda (%0,01, 0,02 ve 0,03) TG enzimi ilavesinin ayrı ayrı ve birlikte kullanımlarının ayranların bazı fizikokimyasal, reolojik (serum ayrılması ve viskozite), duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda US uygulaması ile TG enzimi kullanım miktarının düşürülebilmesi sağlanabilirse ilgili enzimin endüstriyel uygulamalarda daha az kullanımına ve ürün maliyetlerinin düşüşüne katkı sağlanabilecektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ayran

2.1.1. Ayranın Tanımı ve Özellikleri

Ayran Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde “Yoğurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*’un kültürleri katılarak hazırlanan fermente süt ürünüdür.” şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2009).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne göre (Anonim, 2009) ayranın süt yağı içeriğine göre sınıflandırılması ile sahip olması gereken kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne Göre Ayranın Özellikleri (Anonim, 2009)

Tanımlar	Limitler
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
Kriterler/Özellikler	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

2.1.2. Ayran Üretimi

Fermente süt ürünlerinin insan beslenmesindeki önemi uzun yıllardan beri bilinmektedir. Söz konusu ürünlerin başında gelen yoğurdun ülkemizde en önemli tüketim şekillerinden biri ayrandır (MEGEP, 2011). Yapılan istatistik çalışmaları sonucunda; 2017 yılında toplam ayran üretiminin 717 bin ton olduğu ve 2017 yılı kişi başı ayran tüketiminin 19 kg olduğu belirlenmiştir (TÜİK, 2019).

Endüstriyel olarak ayran üretimi 2 şekilde gerçekleşmektedir. Şekil 2.1.'de belirtildiği üzere; ilk yöntemde süt ayrana işlenmeden önce suyla seyreltilmektedir. İkinci yöntemde ise süt önce yoğurda işlenmekte ve daha sonra suyla seyreltilmektedir (Koçak vd., 2006).



Şekil 2.1. İki farklı yöntemle endüstriyel ayran üretimi (Koçak ve Avşar, 2009; Kabak ve Dobson, 2011)

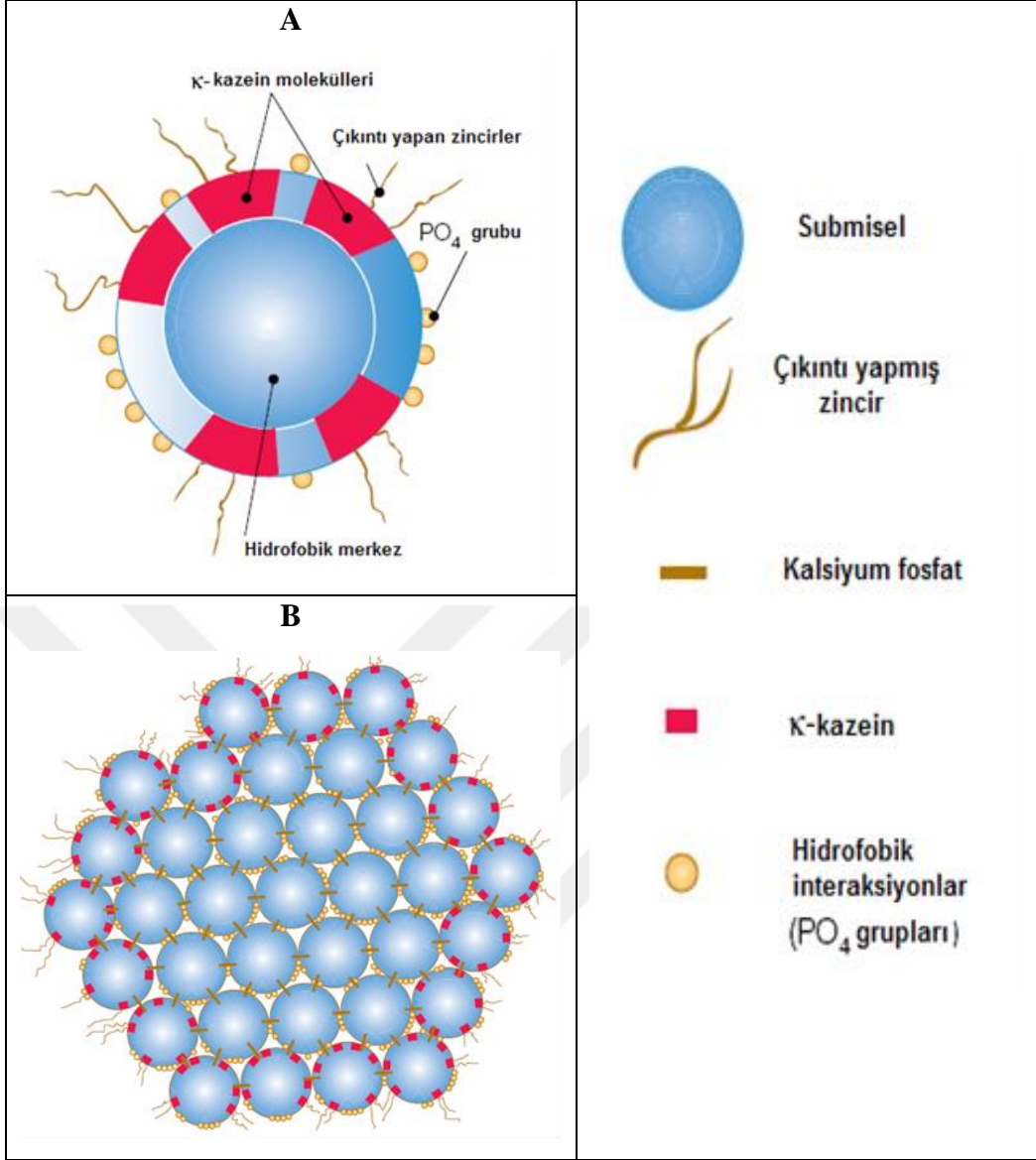
Laktoz fermentasyonu sonucu oluşan laktik asit yoğurt ve ayran üretiminde koagülasyona neden olarak pıhtıya kendine özgü bir yapı kazandırmaktadır. Yoğurtta istenen sertlikte koagulum, inoküle edilmiş sütün 40-45°C'de pH 4,6-4,7'ye kadar inkübe edilmesi sonucu elde edilmektedir (Özdemir, 2004). Yoğurt bakterileri tarafından üretilen laktik asit, kazein misellerinin stabilitesini bozarak koagüle olmasına ve yoğurt pıhtısının oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca laktik asit yoğurda tipik aromatik bir çeşni kazandırmaktadır (Özdemir ve Bodur, 1994).

Sütte miseller halinde bulunan kazeinin model yapısı Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Kazein miselleri, pH değişikliklerine karşı son derece duyarlıdır. Sütte laktik asit miktarı artınca, kazein kompleksinin önemli bir bölümünü oluşturan kolloidal kalsiyum kazeinat fosfat kompleksinden, kalsiyum ve fosforun bir kısmı çözünerek ayrılır. Bunun sonucunda kalsiyum kazeinat kolloidal durumunu muhafaza edemez; yani çözelti halinden jel haline geçer. Böylece bir yandan çöken asit kazein, diğer yandan çözünen kalsiyum laktat ve kalsiyum fosfat ortaya çıkar. Buna kısaca; asit etkisiyle sütün pıhtılaşması denir. Yoğurt ve ayran gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde bu olaydan yararlanılmaktadır (Üçüncü, 2010).

Ayranda çeşitli sebeplerden dolayı pıhtılı yapı, ekşilik ve özellikle serum ayrılması gibi yapı kusurları ortaya çıkmaktadır. Tüketicide ayranın bayat olduğu izlenimi yaratan dolayısıyla ürünün albenisini olumsuz yönde etkileyen serum ayrılması üzerinde süt bileşenlerinden proteinlerin önemli bir rolü vardır (Odabaşı vd., 1999).

2.2. Ultrasonikasyon

Son zamanlarda gıdaların kalitesini, besin değerini ve duyuusal özelliklerini daha az etkileyecek yeni gıda işleme yöntemlerinin istenmesi nedeniyle yeni ve alternatif pastörizasyon ile sterilizasyon yöntemleri önem kazanmaktadır. Gıdaların yüksek sıcaklıktaki ısı işlemlere tabii tutulmasıyla gıdanın yapısında açığa çıkan olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacıyla "ısı olmayan yollarla" gıda muhafazası önem kazanmıştır. Isıl olmayan işlemler bozulma yapan ve patojen mikroorganizmalar ile istenmeyen enzimlerin inaktivasyonunu sağlarken proses sıcaklığının düşük olması dolayısıyla ürünün tadı, kokusu, tekstürü ve besin öğeleri daha iyi korunmakta ve taze halindeki özelliklerine çok yakın nitelikte ürün elde edilmektedir. Bunun yanında da daha az enerjiye gereksinim duyulmaktadır (Güleç, 2006).



Şekil. 2.2. Kazein submiselinin yapısı (A) ile kazein misellerinin oluşumu ve stabilizasyonu [Bylund (1995)'den değiştirilerek alınmıştır]

Son yıllarda yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı ısı olmayan yeni teknolojilere olan ilgi sürekli olarak artmaktadır. Bu sebeple gıda endüstrisinde, geleneksel işleme tekniklerine göre genellikle daha düşük sıcaklıklarda yürütülen ve böylece ısı işleminin gıda kalitesi üzerine olumsuz etkisini azaltan ısı olmayan teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Vurgulu elektrik alanı (PEF), yüksek basınç (HP), ultrasonikasyon ve ultraviyole (UV) uygulamaları bu yeni gıda işleme teknolojilerinden bazılarıdır. Özellikle sıvı gıdaların işlenmesinde ısı işleme (pastörizasyon, sterilizasyon) alternatif olarak PEF ve UV uygulamaları ticari bir potansiyele sahiptir (Açı vd., 2014).

US işlemleri gıda endüstrisi için umut vadeden alternatif teknolojilerden biridir. Termosonik (ısı ve sonikasyon), manosonik (basınç ve sonikasyon) ve manotermosonik (ısı, basınç ve sonikasyon) işlemler mikroorganizmaların inhibisyonu amacıyla etkili bir şekilde kullanılabilir (Güleç, 2006).

Ultrasonik ses dalgaları, insan kulağının işitebileceğinin üzerindeki ses dalgalarıdır. İnsanın işitme sınırı 15–20 kHz olup, ultrasonik ses dalgalarının frekansı 50 kHz'in üzerindedir. Biyolojik bir ortamda ultrasonik ses dalgalarının hızı, o ortamın fizyolojik durumuna ve sıcaklığına bağlıdır. Bir ultrasonik ses dalgasının, herhangi bir maddeden geçerken enerjinin ısıya dönüşümü ve yayılması sonucu dalga boyu azalır. Ultrasonik ses dalgaları kısaca 20 kHz ve daha yüksek frekansa sahip basınç dalgaları olarak tanımlanabilir. Genel olarak ultrasonik ses dalgası ekipmanları 20 kHz ile 10 MHz arasındaki frekansları kullanırlar. Yüksek güç için düşük frekanslar tercih edilmektedir ve 20 kHz ile 100 kHz arasındaki frekanslarda gıdalardaki mikroorganizmaları inaktif hale getiren kavitasyonu yaratan güçlü ultrasonik ses dalgası oluşmaktadır (Piyasena vd., 2003). Bu dalgalar sıvı bir alana uygulandığı zaman ortamda yayılarak bir basınç oluşturmaktadır. Bunun sonucunda sıvıda küçük baloncuklar meydana gelmektedir. Bu baloncuklar belli bir hacme ulaştığında daha fazla enerjiyi içlerinde hapsedemediklerinden patlamaktadırlar. Bu olaya "kavitasyon" denilmektedir. Bu olaya sebep olan baloncuklarda, patlama anında yapılarında çok yüksek derecede ısı (yaklaşık olarak 4727°C) ve basınç (tahminen 500 MPa) oluşmaktadır (Sala vd., 1998).

Ultrasonik dalgaların gıdalar üzerine etkisi fermantasyon, kurutma, dondurulmuş gıdalar, filtrasyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, etin yumuşatılması, mikroorganizmaların yok edilmesi ve enzimlerin etkisizleştirilmesi gibi birçok alanda çalışılmıştır (Wu vd., 2001).

Süt ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için US kullanımına büyük ilgi gösterilmektedir (Ashokkumar vd., 2009). Ultrasonikasyon mikrobiyal aktiviteyi azaltmak için ısı işleme potansiyel bir alternatiftir (Piyasena vd., 2003). Scherba vd. (1991) ultrasonikasyon uygulamasının sulu süspansiyondaki *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerini, *Trichophyton mentagrophytes* mantarlarını ve *Feline herpesvirus* tip1 virüsünü yok edebildiğini belirtmiştir. Mikroorganizmaların inaktivasyonu ultrasonik uygulamanın gücüne ve uygulama süresine bağlıdır. Uygulamanın artan gücü ve süresi daha büyük mikrobiyal yıkıma sebep olmaktadır. Bakteri üzerine ultrasonikasyonun öldürücü etkisi, stoplazmatik

membranın tahrip edilmesine dayanmaktadır. Zira membranın tahrip edilmesi mikroorganizmaların çoğalmasını engellemektedir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Ultrasonikasyon uygulanan güç seviyesinin artmasıyla birlikte homojenizasyon etkinliği de artmaktadır (Şengül vd., 2008). Geleneksel homojenizasyonla karşılaştırıldığında ultrasonikasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesini de artırdığı belirlenmiştir. Ultrasonikasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesini artırması, ultrasonikasyon işleme maruz bırakılan sütün geleneksel homojenizasyona oranla daha etkin homojenize olmasından kaynaklanmaktadır. Süt homojenizasyonu üzerine ultrasonikasyon işleminin etkisi, yüksek enerjili ses dalgalarının sıvı ortam içerisinde ilerlerken oluşturdukları kavitasyondan kaynaklanmaktadır (Ertugay vd., 2004).

Yapılan bir çalışmada peyniraltı suyu süspansiyonlarının çözünebilirlik ve köpürme özellikleri üzerine ultrasonik ses dalgası muamelesinin etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, düşük yoğunluklu (500 kHz) ve yüksek yoğunluklu ultrasonik ses dalgası (20 kHz prob ve 40 kHz su banyosu) kullanılmış ve bu muameleler ile pH'nın önemli derecede değişmediği saptanmıştır. 40 kHz frekansa sahip ultrasonik ses dalgası tekniği, protein özellikleri üzerine daha az etkili olmuş ve 30 dakika yerine 15 dakikalık muamele ile çok daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Jambrak vd., 2008).

Ultrasonikasyon gıdaların genel kalitesine ve besin değerine daha az etki edecek yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ultrasonikasyon, tek başına veya diğer muhafaza yöntemleri ile kombine kullanılarak duyusal ve besin içeriği açısından kaliteli ürün elde edilmesinde başarıyla kullanılabilir bir yöntemdir. Bu yöntemle, gıdanın yapısında yüksek sıcaklıkların etkisiyle açığa çıkan, uçucu tat-koku maddeleri, vitaminler ve diğer besin öğeleri kaybı gibi olumsuzluklar ortadan kaldırılabilir (Ercan ve Soysal, 2011).

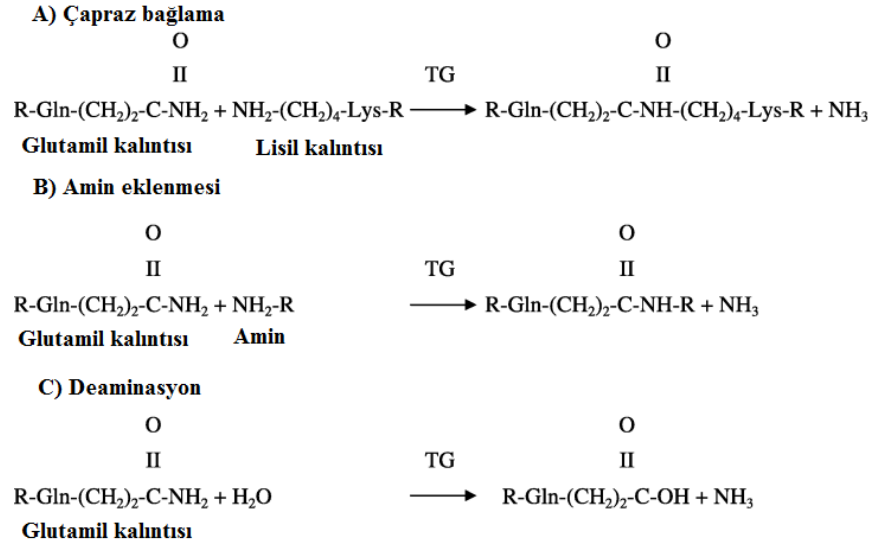
Süt ürünlerindeki ultrasonikasyon uygulamasının yararları açıkça görüldüğünden, ayrıca ürüne zarar vermeyen, kolay uygulanabilen, hızlı ve enerji tasarrufu sağlayan uygulamalar olduğundan süt endüstrisinde ultrasonikasyon işleminin kullanılma potansiyeli oldukça yüksektir. Ultrasonikasyon uygulaması ile homojenizasyon etkinliğinde klasik homojenizasyona kıyasla artış sağlanarak hem geleneksel ısıl işlemde daha düşük sıcaklıklarda hem de daha iyi kalitede ürün eldesi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca bu uygulama homojenizatörlere kıyasla daha düşük yatırım ve bakım maliyetine ve temizleme kolaylığına sahiptir. Geleneksel ısıl işlem ve homojenizasyon ile elde edilen süt ürünleriyle karşılaştırıldığında ultrasonikasyon uygulanmış süttten elde edilen ürünlerin su tutma kapasitesi, viskozitesi, jel kuvveti ve sıklığı belirgin olarak artış göstermektedir.

Ultrason uygulaması işlevsel özellikleri, düşük enerji gereksinimi ve proses sürelerini kısaltması sayesinde geniş bir yelpazede süt işleme proseslerinde kullanılma potansiyeline sahiptir (Akdeniz ve Akalın, 2017).

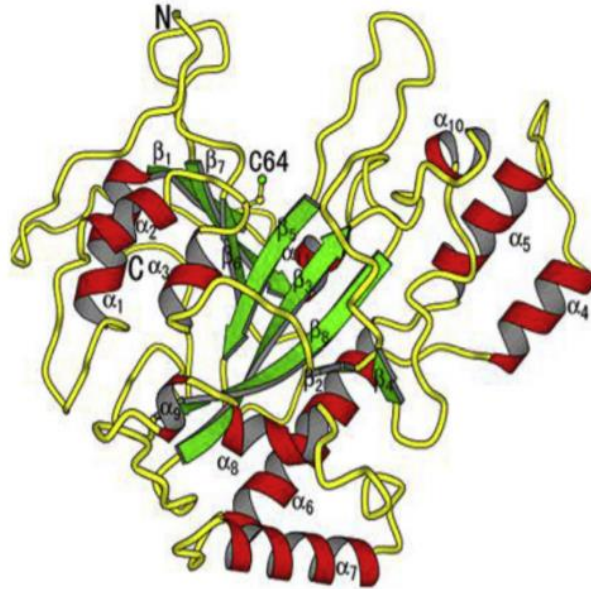
2.3. Transglutaminaz

Gıdalarda kullanılan enzimlerin çoğu, hayvansal sindirim sisteminin doğası göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Ancak çoğu gıda enziminin etkinliği, sütün rennetlenmesinde olduğu gibi, tek başına tipik jelleşmeye neden olmamaktadır. Gıda enzimleri daha çok makromoleküler yapının modifikasyonu ya da yıkımında rol oynamaktadırlar. Doğada yaygın bulunan proteazların dışında yalnızca birkaç enzim protein modifikasyonu için uygun bir etkinliğe sahiptir (Hamada, 1992). Bu enzimlerden biri olan transglutaminazlar protein-glutamin γ -glutamiltransferazlar olarak bilinmekte (enzim sınıfı [EC]. 2.3.2.13) ve hayvan dokularında ve vücut sıvılarında, balık, bitkiler ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır (Jaros vd., 2006). En basit şekilde ifade edilirse transglutaminaz lisin ve glutamin arasında kovalent bağlar oluşturmaktadır. Süt proteinleri açısından baktığımızda transglutaminaz sütteki α_s , β - ve κ -kazeinleri çapraz bağlamaktadır ve kazein miselleri arasında ve içinde bağlar meydana getirmektedir. Peynir altı suyu proteinlerinden α -laktalbumin ve β -laktoglobulin transglutaminaz enzimi için yalnızca denatüre formda olduklarında uygun substrat konumunda olmaktadır (Aaltonen vd., 2004).

Transglutaminazlar (mTGs) peptidin γ -karboksiamid grubu ya da proteine bağlı glutamin (açıl donörü) ile lisin kalıntılarının ϵ -amino grubunu da içeren primer aminler (açıl akseptörü) arasındaki açıl transfer reaksiyonlarını katalize ederek proteinli sistemlerdeki kovalent çapraz bağları ortaya çıkarabilen enzimdir. Proteine bağlı lisinin ϵ -amino grubu açıl alıcısı olarak davrandığı zaman proteinlerin polimerizasyonu ile sonuçlanan molekül içi ve/veya moleküller arası çapraz bağlar (izopeptit bağları) oluşmaktadır. Ortamda primer aminler yokluğu durumunda, su açıl alıcısı olarak davranabilmekte ve glutamik asit ve amonyak oluşumu ile birlikte glutamin kalıntısının deaminasyonunu neden olmaktadır (Jaros vd., 2006). Yukarıda özetle belirtilen mikrobiyal transglutaminaz enzimi tarafından katalize edilen reaksiyonlar ve transglutaminaz enziminin 3 boyutlu yapısı sırasıyla Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Mikrobiyal transglutaminaz enzimi tarafından katalize edilen reaksiyonlar (Jaros vd., 2006; Özrenk, 2006)



Şekil 2.4. Transglutaminaz enziminin 3 boyutlu yapısı (Romeih ve Walker, 2017)

Yaygın olarak gıda proteinlerini modifiye eden enzim olarak bilinen mikrobiyal transglutaminaz enzimi (Romeih ve Walker, 2017) ile modifiye edilen süt proteinlerinin çözünbilme, su tutma, jelleşme, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özelliklerinin artış gösterdiği, transglutaminaz kullanılarak üretilen ürünlerde serum ayrılmasının azaldığı ve ürün stabilitesinin arttığı ve aynı zamanda enzim kullanımının pıhtı sıklığını arttırdığı

konu ile ilgili olarak yapılan çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Kieliszek ve Misiewicz, 2004; Özrenk, 2006; Romeih ve Walker, 2017).

Yoğurt üretiminde mikrobiyal transglutaminaz sinerezinin engellenmesi, jel stabilitesinin iyileştirilmesi ve yağ oranı düşürülmüş yoğurtlarda ortaya çıkan duyu kusurlarının azaltılması amacıyla kullanılmaktadır (Karahan, 2015). Bu amaçla yapılan araştırmalarda, transglutaminaz enziminin yağsız yoğurtlarda ortaya çıkan zayıf yapı kusurunun giderilmesinde kullanılabileceği ve enzim kullanımı ile yağsız yoğurtların duyu özelliklerinin geliştirilebileceği gösterilmiştir (Ozer vd., 2007; Romeih vd., 2014; Pakseresht vd., 2017).

Transglutaminaz enziminin peynir teknolojisinde kullanımının peynir üretiminde verimi arttırdığı (Di Pierro vd., 2010; Özer vd., 2013; Aaltonen vd., 2014; Darnay vd., 2017; García-Gómez vd., 2019), yarı sert peynir üretiminde peynirin sarılık (b) değerini yükselttiği, protein içeriği ve peynirin sertlik değerini olumlu yönde etkilediği (Darnay vd., 2017), pastörize süttten yapılan taze beyaz peynir üretiminde sertlik (% 62,19), çiğnenebilirlik (% 75,09) ve esneklik (% 43,75) değerlerinde azalmaya yol açtığı ancak yapışkanlık değerlerinde de önemli bir artışa yol açtığı (García-Gómez vd., 2019) yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Bunun yanında transglutaminaz kullanımının yarı sert ve sert peynir üretimindeki bazı olumsuz etkilerinden (zayıf koagülasyon özellikleri, koagülasyon süresinin uzaması, süttün jelleşme özelliğinin azalması vb.) dolayı kullanımının yaygın olmadığı bildirilmektedir (Aaltonen vd., 2014).

Wróblewska vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, transglutaminaz enzimi kullanımının kefir üretiminde süt proteinlerinin immünoreaktif özellikleri ve kefirin duyu özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada allerjik insanlar için daha az immün reaktiviteye sahip bir kefir elde edilmesi amaçlanmış ve transglutaminaz enzimi uygulanmış süttten üretilen kefir örneklerinde kazein fraksiyonlarının immün reaktivitesinin bastırıldığı görülmüştür. β -laktoglobulinin immün reaktivitesi hiç tespit edilemezken, minör allerjen olan α -laktalbuminin immün reaktivitesi belirgin bir şekilde artmıştır. Araştırma sonucunda transglutaminaz enzimi kullanılarak üretilen kefir örneklerinin duyu açıdan kontrol grubundan daha fazla beğenildiği tespit edilmiştir (Wróblewska vd., 2009).

Yapılan bir çalışmada süt proteinlerinin mikrobiyal transglutaminazlar tarafından enzimatik çapraz bağlanmasının kefir özelliklerini geliştirdiği gösterilmiştir (Temiz ve Dağyıldız, 2017). Araştırmada inek süttü ve soya süttü karışımlarından kefir üretimi sırasında transglutaminaz enzimi kullanımının sinerezi azaltılıp viskoziteyi arttırdığı

belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 1,5 ünite/g süt proteini mikrobiyal transglutaminaz kullanımıyla üretilen kefir örneklerinin duyusal analizlerde en çok beğenilen kefir olduğu tespit edilmiştir (Temiz ve Dağyıldız, 2017).

Şanlı ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada; geleneksel yöntemle ayran üretiminde transglutaminaz enzimi ilavesinin ürünün niteliklerini geliştirmek için etkili bir yöntem olduğunu tespit edilmiştir. Ayran üretiminde transglutaminaz uygulaması ile viskozitede önemli oranda artış ve serum ayrılmasında azalma sağlanmıştır. Ayrıca; enzim ilavesinin ürünün duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği ve enzim ilaveli örneklerin panelistler tarafından daha fazla beğenildiği belirtilmiştir (Şanlı vd., 2011).

Kazeininin, transglutaminaz için iyi bir substrat olduğu bilinmektedir (Chistensen vd., 1996). Bazı uygulamalarda süt proteinlerinin viskoelastik yapısını ve jelleşmesini modifiye etmek amacıyla mikrobiyal transglutaminazlar kullanılmaktadır. Enzim kullanımı ile ısı işlemin birlikte kombinasyonu sonucu, β -laktoglobulin veya emülsiyonlarının üzerinde elastik yapı ve daha güçlü jel yapısı olduğu, ancak bunun yanı sıra transglutaminaz uygulanmış β -laktoglobulinin reaktivitesinin sodyum kazeinattan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Faergemand ve Qvist (1997), serum proteinlerinin indirgeyici bir (reducing) ajana ihtiyaç duyduğunu (ditiotreitol gibi) veya çapraz bağlama reaksiyonlarının ancak uygun pH aralığında gerçekleşebileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

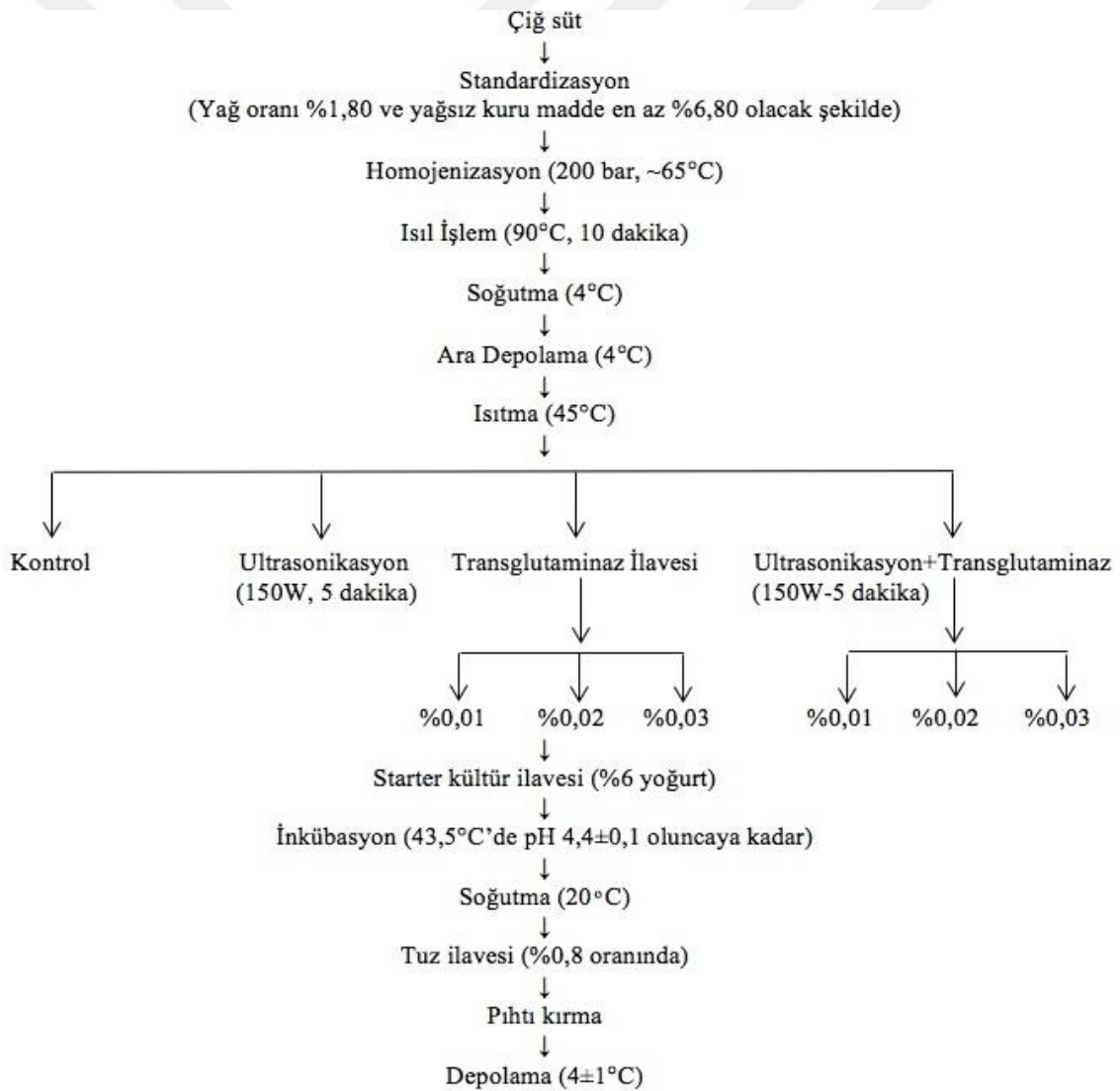
Bu tez çalışmasında kullanılan süt örnekleri Aynes Gıda San. ve Tic. A.Ş.'den (Acıpayam, Denizli) temin edilmiştir. Üretiminde kullanılan çiğ sütün kuru madde, yağ, protein, laktoz, pH, °SH değerleri sırasıyla %11,65, %3,40, %2,95, %4,65, 6,76 ve 6,50 olarak belirlenmiştir. Tekerrür üretimde kullanılan çiğ sütün değerleri ise yine aynı sıra ile %11,52, %3,40, %2,98, %4,65, 6,68 ve 6,50 olarak belirlenmiştir. Ayran üretimi için endüstriyel koşullarda kuru madde ve yağ oranı standardize edilmiş, homojenize ve pastörize inek sütü kullanılmıştır. Ayran üretiminde kullanılan starter kültür (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren kültür, DST 01) Danisco-Türker Endüstri Teknik Makine ve Tic. Ltd. Şti.'den (Beşiktaş, İstanbul) temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan starter kültürün seçiminde piyasada en çok kullanılan ticari kültürler dikkate alınmıştır. Transglutaminaz enzimi (Probind CH 2.0) BDF Natural Ingredients S.L. (Girona, İspanya) firmasından temin edilmiştir. Ayranlara ilave edilen kaya tuzundan üretilmiş tuz (Samire İyotlu Sofra Tuzu, Med-Mar Tuz San. Tic. A.Ş., Çankırı) piyasadaki satın alınmıştır. Kimyasal analizlerde analitik saflıkta sarf malzemeler kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ayran Üretimi

Aynı standardize, homojenize ve pastörize süt örneği kullanılarak kontrol grubu, ultrasonikasyon işlemi uygulanmış, transglutaminaz enzimi ilaveli ve ultrasonikasyon uygulanmış+transglutaminaz enzimi ilave edilmiş süttten 4 grup ayran üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Ultrasonikasyon işlem parametreleri literatürdeki çalışmalar (Gürsoy vd., 2016; Yazar Özen, 2017) temel alınarak ve enzim ilavesi miktarları endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan enzim katım oranları dikkate alınarak ön denemelerle belirlenmiştir. Ön işlemleri yapılmış ve +4°C muhafaza edilen ayran sütü örnekleri mayalama sıcaklığına (45°C) ısıtılmıştır. Kontrol grubuna (K) ilave herhangi bir işlem yapılmadan, ultrasonikasyon (US) uygulamasında örneklere 150W güçte 5 dakika ultrasonikasyon uygulayarak, transglutaminaz (TG) uygulamasında örneklere sırasıyla %0,01, %0,02 ve %0,03 oranında enzim ilavesi yapılarak, ultrasonikasyon+transglutaminaz enzimi ilave edilmiş gruba (US+TG) ise 150W güçte 5

1 dakika ultrasonikasyon işlemi uygulanan örnekler %0,01, %0,02 ve %0,03 oranında transglutaminaz enzimi ilave edilerek tüm ön işlemler tamamlanmıştır. Üretimde kültür üreticisi firmanın önerileri doğrultusunda %0,02 oranında (ağırlık/hacim) starter kültür ilavesi yapılarak üretilen yoğurt örneği starter olarak kullanılmıştır. Yoğurt örneği süte %6 oranında inoküle edilmiştir. İnoküle edilen örnekler 43,5°C’de yaklaşık 3 saat pH 4,4±0,1 seviyesine ulaşmaya kadar inkübe edilmiştir. İnkübasyonu tamamlanan örnekler, derhal 20°C’lik su banyosuna alınarak %0,8 oranında tuz ilavesi yapılmıştır. 20°C’ye soğutulması sırasında örnekler sürekli karıştırılarak (pıhtı kırma) ürünlerin yapısının tüketim için arzulanan hale getirilmesi sağlanmıştır. Pıhtı kırma işlemi sonunda ayran örnekleri 4±1°C’deki buzdolabı koşullarında 10 gün süre ile depolanmıştır. Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde ayran örneklerinin bazı fizikokimyasal ve duyu özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.1. Ayran üretim akış şeması

3.2.2. Ultrasonikasyon Uygulamaları

Ultrasonikasyon işleminde 24 kHz'lik sabit bir frekansta çalışan ultrasonikasyon cihazı (Bandelin Sonopuls UW3200, Almanya) ve 13 mm çapında bir ultrasonik prob (TT13) kullanılmıştır. İşlem öncesinde standardize edilerek, homojenize ve pastörize edilmiş olan $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan süt örnekleri ultrasonikasyon işlemi öncesinde 45°C 'ye gelinceye kadar ısıtılmıştır. Örnekler sıcaklığın sabit tutulması amacıyla ultrasonikasyon işlemi süresince 45°C 'de su banyosunda muhafaza edilmiştir. Ultrasonik prob örneklerin geometrik merkezine daldırılarak 150W güç seviyesinde 5 dakika boyunca ultrasonikasyon işlemi uygulanmıştır (Gürsoy vd., 2016; Yazar Özen, 2017).

3.2.3. Transglutaminaz Enzimi İlavesi

Transglutaminaz enzimi uygulamasında Probind CH 2.0 enzimi kullanılmıştır. İşlem öncesinde standardize edilerek, homojenize ve pastörize edilmiş olan $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki süt örnekleri 45°C 'ye gelinceye kadar ısıtılmıştır. Enzim uygulaması için her bir süt örneğine sırasıyla %0,01, %0,02 ve %0,03 oranlarında enzim ilavesi yapılmıştır. Enzim ilavesi oranları endüstride en sık kullanılan oranlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Enzim ilavesi yapılan örnekler kaşıkla 2 dakika süre ile karıştırılarak enzimin süt içerisinde tam olarak çözünmesi sağlanmıştır.

3.2.4. Ultrasonikasyon İşlemi ve Transglutaminaz Enziminin Birlikte Kullanımı

Ön işlemleri yapılmış ve $+4^{\circ}\text{C}$ muhafaza edilen süt örnekleri 45°C 'ye gelinceye kadar ısıtılmış örnekler sıcaklığın sabit tutulması amacıyla ultrasonikasyon işlemi süresince 45°C 'ye ayarlanmış bir su banyosunda muhafaza edilmiştir. Örnekler 150W güçte 5 dakika süre ile ultrasonikasyon işlemi uygulandıktan sonra, sırasıyla %0,01, %0,02 ve %0,03 oranlarında enzim ilavesi yapılmıştır. Enzim ilavesi yapılan örnekler kaşıkla 2 dakika süre ile karıştırılarak enzimin süt içerisinde tam olarak çözünmesi sağlanmıştır.

3.2.5. Kimyasal ve Fizikokimyasal Analizler

Süt ve ayran örneklerinin toplam kuru madde içeriği bir nem tayin cihazı (Kern DBS 60-3, Kern & Sohn GmbH, Balingen, Almanya) ile yağ içerikleri Gerber santrifüjü (Funke Gerber Nova Safety, Funke Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH, Berlin, Almanya) kullanılarak Gerber yöntemiyle (Oysun, 2001), pH değerleri bir pH metre ile (Jenco 6173, Jenco, San Diego, CA, Amerika) ve toplam azot içerikleri Dumatherm analizler cihazı (Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Almanya) kullanılarak Dumas metodu ile

belirlenmiştir. Protein içerikleri toplam azot içeriğinin 6,38 faktörüyle çarpılması ile hesaplanmıştır. Süt ve ayran örneklerinin titrasyon asitlikleri sırasıyla TS 1018 (Anonim, 1981) ve Oysun (2001)'e göre belirlenmiştir.

3.2.6. Serum Ayrılması

Serum ayrılması ayran örneklerinin 100 mL'lik mezürlerde 4°C'de 10 gün boyunca depolanmaları sırasında belirlenmiştir. Serum ayrılması değerlerinin belirlenmesi için örneklerde ayrılan serum miktarı hacimsel olarak depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde okunmuştur (Köksoy ve Kılıç, 2003; Gursoy vd., 2016).

3.2.7. Reolojik Analizler

Sadece ultrasonikasyon uygulaması, sadece transglutaminaz enzimi ilavesi ve ultrasonikasyon ile transglutaminaz enziminin birlikte kullanılması sonucunda üretilmiş ayranlarda reolojik ölçümler küçük örnek adaptörü kullanılarak SC4-21 kodlu mil (spindle) ile Brookfield viskozimetresi (Model DV2T, Brookfield Engineering Laboratories, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Küçük örnek adaptörünün ölçüm aralığı dışında kalan örnekler için ölçümler beher (800 mL) içerisinde ve RV-2 kodlu spindle ile yapılmıştır.

Küçük örnek adaptörü ile yapılan viskozite ölçümlerinde adaptör içerisindeki numune kabına 8 mL ayran numunesi konulmuştur. Sonrasında ölçümler soğutmalı sirkülasyonlu su banyosu ile 4,2°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunun 10. gününde yapılan viskozite ölçümleri 800 mL'lik behere konulan 600 mL ayran numunesi ile 4,2°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. 130'dan 200 rpm'ye 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/cm²), vizkozite (cp) ve tork (%) değerleri ölçülmüş ve ölçümler iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Akış davranış indeksleri (n) ve kıvam katsayıları (K, Pa.sⁿ) Üssel Model kullanılarak [$\delta = K(\gamma)^n$, kayma gerilimi δ (Pa) ve kayma oranı γ (s⁻¹)] hesaplanmıştır (Steffe, 1996).

3.2.8. Renk Tayini

Ayran örneklerinin depolanmasının 1., 5. ve 10. günlerinde renk analizleri kolorimetre cihazı ile (Model CR-400, Konika Minolta, Japonya) CIE (Commission International de L'Eclairage) L*, a* ve b* renk değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında, değişken olmayan beyaz floresan ışık altında numune kabının

içerisine 5 mL ayran örneği alınarak 5'er saniye aralıklarla 2 ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. 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 vd., 2016).

3.2.9. Mikrobiyolojik Analizler

Üretilen ayran örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde spesifik mikroorganizma sayıları ile ilgili olarak belirtilen mikrobiyolojik kriterleri karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek amacıyla örneklerin depolamanın 1. günündeki toplam laktobasil ve toplam streptokok bakteri sayımları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 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, M17 Agar'da (M17 Agar acc. to Terzaghi, Merck, Almanya)r laktik streptokokların sayımlarını gerçekleştirmek amacı ile besiyerlerinden petrilere yaklaşık 15 - 16 mL dökülmüştür. 8 şeklinde dairesel hareketlerle besiyeri-dilüsyon karışımının homojen dağılımı sağlanmıştır. Besiyeri dökülen petrilere 15-20 dakika sonra ters çevrilerek 37°C'deki inkübatöre kaldırılmıştır. Streptokok sayımları aerobik, laktobasil sayımları ise anaerobik ortamda gerçekleştirilmiştir. 48 saat sonra 30-300 arasında koloni oluşan petrilere sayılarak ayranların mikrobiyal yükü tespit edilmiştir.

3.2.10. Duyusal Analiz

Duyusal analizler için kontrol grubu, sadece ultrasonikasyon uygulaması, sadece transglutaminaz uygulaması (%0,03 enzim kullanılan uygulama), ultrasonikasyon ve transglutaminaz enziminin birlikte kullanıldığı uygulamalar (ultrasonikasyon+transglutaminaz %0,01, ultrasonikasyon+transglutaminaz %0,02) olmak üzere beş farklı numune depolamanın 1. ve 10. günlerinde 80 farklı panelist tarafından değerlendirilmiştir. Söz konusu örnekler serum ayrılması ve viskozite değerleri açısından başarı bulunan ayranlar içerisinden seçilmiştir. Değerlendirmede hedonik test (7'li hedonik skala) kullanılmıştır (Bodyfelt vd. 1998). 1'den (hiç beğenmedim) 7'ye (çok beğendim) kadar olan değerlendirme skalası üzerinde panelistlerin seçim yapması istenilmiştir. Panelistler Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi akademik ve idari personeli ile öğrencilerinden oluşmuştur. Panelistlere verilen numuneler 3 haneli sayısal kodlar ile

numaralandırılmış olup, her paneliste numuneler farklı sıra ile sunulmuşlardır. Panelistlerden her değerlendirme arasında tat algısının nötralize edilmesi için su tüketmeleri istenmiştir. Duyusal değerlendirmede kullanılan form Ek-1'de yer almaktadır.

3.2.11. İstatistiksel Analizler

Araştırmada uygulanan işlemler (K, US, TG, US+TG) ve depolamanın (1, 5 ve 10. gün) ayranın genel kompozisyonu, fizikokimyasal ve duyusal özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırma iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ayranların genel kompozisyonu, fizikokimyasal özellikleri ve duyusal özelliklerine uygulanan ultrasonikasyon işlemi, transglutaminaz ilavesi, ultrasonikasyon işlemi + transglutaminaz ilavesi ve depolama süresinin etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu amaçla The SAS System for Windows 9.0 (Chicago, ABD) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. ANOVA sonucunda önemli olan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre $p < 0.05$ düzeyinde test edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çiğ Sütün Bileşimi

Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği'nde çiğ inek sütünün taşınması gereken özellikler (Anonim, 2006) ile çalışma kapsamında ayran üretiminde kullanılan çiğ sütlerin bileşimine ilişkin veriler Tablo 4.1'de verilmiştir. Buradaki değerlere bakıldığında kullanılan çiğ sütlerin tebliğde belirtilen minimum gereklilikleri yağsız kuru madde değeri haricinde karşıladığı görülmektedir. Çiğ sütlerin üretim öncesinde standardize edilerek yağsız kuru madde değerlerinin ayarlanması çiğ sütteki bu değeri önemli bir kayıp olmaktan çıkarmaktadır.

Tablo 4.1. Çiğ inek sütünün bileşimi (%)

Bileşen	Tebliğ değeri (En az)	A	B
Protein	2,8	2,95 ± 0,01	2,98 ± 0,01
Yağ	3,4	3,40 ± 0,00	3,40 ± 0,00
Yağsız kuru madde	8,5	8,25 ± 0,05	8,12 ± 0,05

4.2. Ayran Örneklerinin Genel Bileşimi

Çalışmamızda üretilen ayran örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre tam yağlı ayran sınıfına dahil oldukları Tablo 4.2'den görülmektedir. Örneklerin protein oranları incelendiğinde tüm ayranların tebliğde belirtilen minimum protein oranını (%2) sağladıkları görülmüştür. Yapılan istatistiksel analizde ayranların kuru madde, yağ ve protein içerikleri üzerine ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi uygulamalarının etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.2) Çalışma bulgularımızla benzer olarak Gursoy vd. (2016) ayran örneklerine 70°C sıcaklıkta 5 dakika süre ile uygulanan 100, 125 ve 150 W ultrasonikasyon işlemlerinin ayranların kurumadde, protein ve yağ içerikleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir ($p>0,05$). Şanlı (2009) transglutaminaz enzimi (1 ünite TG/g süt proteini) kullanarak ürettikleri ayran örneklerinin kurumadde, protein ve yağ değerlerinin kontrol grubuyla oldukça benzer olduğunu rapor etmiştir. Transglutaminaz kullanımının farklı tip yoğurtların kompozisyonel özellikleri üzerine etki göstermediği konu ile ilgili olarak yapılan başka çalışmalarla da gösterilmiştir (Dinkci, 2012; Farnsworth vd., 2006). Yukarıdaki çalışma bulgularına benzer olarak çalışmamızda ultrasonikasyon ve

transglutaminaz enzimi uygulamasının tek başlarına ya da birlikte kullanımının ayranların genel kompozisyonel özelliklerini değiştirmediği belirlenmiştir.

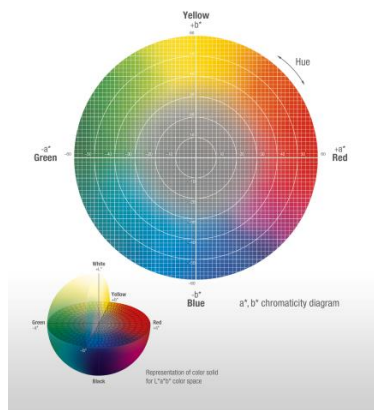
Tablo 4.2. Ayran örneklerinin kimyasal bileşimi*

Örnek	Kuru madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)
Kontrol	8,59±0,14 ^A	1,85±0,06 ^A	2,17±0,05 ^A
US	8,64±0,12 ^A	1,75±0,06 ^A	2,13±0,08 ^A
TG %0,01	8,59±0,17 ^A	1,80±0,00 ^A	2,13±0,06 ^A
TG %0,02	8,60±0,13 ^A	1,78±0,05 ^A	2,12±0,07 ^A
TG %0,03	8,67±0,15 ^A	1,80±0,00 ^A	2,13±0,07 ^A
US+TG %0,01	8,76±0,07 ^A	1,80±0,00 ^A	2,17±0,03 ^A
US+TG %0,02	8,76±0,04 ^A	1,83±0,05 ^A	2,14±0,01 ^A
US+TG %0,03	8,73±0,17 ^A	1,83±0,05 ^A	2,17±0,03 ^A

*US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

4.3. Ayran Örneklerinin Renk Değerleri

Uluslararası Aydınlatma Kurumu (CIE, Commission Internationale de l'Eclairage) renk sistemi 1931 yılında CIE tarafından geliştirilmiş olup, renk dağılımı daha düzgün ve hassas bir sıralama ile yapıldığından, renk ile ilgili araştırmalarda en sık kullanılan renk modellerinden biridir (Konica Minolta, 2005). Bu modelde renk üç boyut ile ifade edilmektedir: L*: aydınlık değeri (0: siyah, 100: beyaz), a*: kırmızılık-yeşillik (-60: yeşil, +60: kırmızı), b*: sarılık-mavilik (-60: mavi, +60: sarı) (şekil 4.1).



şekil 4.1. CIE L*, a* ve b* renk sistemi (Konica Minolta, 2005)

Yapılan çalışma ile ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesinin ayran örneklerinin renk parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve sonuçlar Tablo 4.3, 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen renk parametreleri*

Örnek	Depolama süresi (gün)	L*	a*	b*
Kontrol	1	78,32±0,19 ^A	-2,64±0,03 ^O	4,23±0,12 ^A
	5	78,97±0,24 ^A	-2,47±0,03 ^E	4,31±0,08 ^A
	10	79,33±0,18 ^A	-2,60±0,02 ^N	4,54±0,09 ^A
US	1	79,01±0,17 ^A	-2,56±0,02 ^{H-K}	4,40±0,03 ^A
	5	79,47±0,06 ^A	-2,46±0,01 ^{DE}	4,40±0,02 ^A
	10	79,69±0,13 ^A	-2,57±0,01 ^{J-M}	4,55±0,05 ^A
TG %0,01	1	78,85±0,08 ^A	-2,59±0,01 ^{MN}	4,37±0,08 ^A
	5	79,35±0,23 ^A	-2,47±0,02 ^{DE}	4,38±0,06 ^A
	10	79,57±0,20 ^A	-2,59±0,01 ^{MN}	4,54±0,03 ^A
TG %0,02	1	79,06±0,04 ^A	-2,59±0,01 ^{MN}	4,32±0,06 ^A
	5	79,53±0,04 ^A	-2,47±0,01 ^E	4,35±0,02 ^A
	10	79,73±0,04 ^A	-2,58±0,02 ^{K-N}	4,51±0,02 ^A
TG %0,03	1	79,13±0,09 ^A	-2,54±0,03 ^{GHI}	4,35±0,07 ^A
	5	79,64±0,08 ^A	-2,44±0,03 ^{CD}	4,36±0,05 ^A
	10	79,85±0,04 ^A	-2,58±0,01 ^{LMN}	4,55±0,08 ^A
US+TG %0,01	1	79,34±0,04 ^A	-2,53±0,04 ^{FG}	4,31±0,07 ^A
	5	79,86±0,04 ^A	-2,41±0,02 ^{AB}	4,33±0,02 ^A
	10	79,96±0,01 ^A	-2,55±0,02 ^{HIJ}	4,43±0,03 ^A
US+TG %0,02	1	79,68±0,06 ^A	-2,51±0,00 ^F	4,10±0,13 ^A
	5	80,15±0,11 ^A	-2,39±0,00 ^A	4,20±0,09 ^A
	10	80,22±0,03 ^A	-2,52±0,02 ^{FG}	4,33±0,14 ^A
US+TG %0,03	1	79,60±0,07 ^A	-2,56±0,02 ^{I-L}	4,17±0,02 ^A
	5	80,15±0,08 ^A	-2,43±0,01 ^{BC}	4,21±0,01 ^A
	10	80,33±0,06 ^A	-2,53±0,01 ^{FGH}	4,34±0,01 ^A

*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.4. Ayran üretiminde kullanılan işlemlerin ayranın renk parametrelerine etkisi* (n=12)

Örnek	L*	a*	b*
Kontrol	78,87±0,48 ^F	-2,57±0,08 ^F	4,36±0,16 ^B
US	79,39±0,32 ^D	-2,53±0,05 ^D	4,45±0,08 ^A
TG %0,01	79,25±0,36 ^E	-2,55±0,06 ^E	4,43±0,10 ^A
TG %0,02	79,44±0,29 ^D	-2,55±0,06 ^E	4,39±0,10 ^{AB}
TG %0,03	79,54±0,32 ^C	-2,52±0,06 ^{CD}	4,42±0,11 ^{AB}
US+TG %0,01	79,72±0,29 ^B	-2,50±0,07 ^B	4,36±0,07 ^B
US+TG %0,02	80,02±0,26 ^A	-2,47±0,06 ^A	4,21±0,15 ^C
US+TG %0,03	80,03±0,33 ^A	-2,51±0,06 ^{BC}	4,24±0,08 ^C

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda depolamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.5. Depolama süresinin ayran örneklerinin renk parametrelerine etkisi* (n=12)

Süre (gün)	L*	a*	b*
1	79,12±0,42 ^C	-2,56±0,04 ^B	4,28±0,12 ^C
5	79,64±0,40 ^B	-2,44±0,03 ^A	4,32±0,09 ^B
10	79,83±0,33 ^A	-2,57±0,03 ^B	4,47±0,11 ^A

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda uygulanan işlemlerin etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

İstatistiki veriler incelendiğinde ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi x depolama süresi interaksyonunun ayranların L* değerleri üzerine bir etkisi olmadığı (p>0,05) görülmüştür (Tablo 4.3). Ancak ayran üretiminde ultrasonikasyon kullanımı ve transglutaminaz enzimi ilavesinin ayranların L* değerleri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05) (Tablo 4.4). Ayran üretiminde ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi kontrol gurubuyla kıyaslandığında ayran örneklerinin L* değerlerini arttırmıştır. Örnekler transglutaminaz enzimi katım oranı arttıkça L* değerleri yükselmiştir. En yüksek L* değeri ultrasonikasyon uygulanmış ve %0,03 oranında transglutaminaz enzimi ilave edilmiş ayran örneklerinde belirlenirken en düşük L* değeri ise kontrol grubunda tespit edilmiştir.

Ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi x depolama süresi interaksyonunun ayranların a* değerleri üzerine etkili olduğu (p<0,05) belirlenmiştir

(Tablo 4.3). Benzer şekilde ayran üretiminde ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi ile depolama süresinin de ayranların a* değerleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesinin a* değerlerindeki etkileri değerlendirildiğinde ultrasonikasyonun tek başına uygulanmasının a* değerini düşürdüğü, transglutaminaz ilavesinin a* değerini düşürdüğü ve en düşük a* değerinin %0,03 oranında transglutaminaz enzimi ilaveli ayranlarda görüldüğü tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesinin birlikte etkisinin a* değerlerini düşürdüğü ancak etkinin belirli bir yönde olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Depolama süresince üretilen ayranların a* değerleri incelendiğinde depolamanın başlangıcı ve sonunda a* değerinin benzer ve 5. gündeki değerden yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Aydınlık değerine benzer olarak ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi x depolama süresi interaksyonunun ayranların b* değerleri üzerine bir etkisi olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (Tablo 4.3). Ultrasonikasyon ve transglutaminaz enzimi ilavesinin ayrı ayrı etkileri değerlendirildiğinde her iki uygulamanın da ayranların b* değerlerini yükselttiği tespit edilmiştir. Bu iki işlemin birlikte uygulanması ise ayranların b* değerlerinde düşüşe yol açmıştır ($p<0,05$) (Şekil 4.4). Depolama süresince ayranların b değerleri ise artmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4.5).

Erkaya vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada standardize süt kullanılarak üretilen ayran örneklerine uygulanan termosonikasyon işleminin (60, 70 ve 80°C'de 35 kHz sabit frekansta çalışan bir su banyosunda 1, 3 ve 5 dakikalık ultrasonikasyon uygulaması) geleneksel üretimle karşılaştırıldığında L* değerini önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Söz konusu artışın ısı ile beraber uygulanan ultrasonikasyon işleminin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını hızlandırması ve proteinlerin yapısında meydana gelen değişimlere bağlı olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada a* değerinin ısı ile işlem ve termosonikasyon uygulamaları ile değişmediği ($p>0,05$) ancak b* değerinin termosonikasyon işlemi süresi ve sıcaklık artışı ile arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar genel olarak geleneksel üretimle karşılaştırıldığında ayran örneklerinin renk parametrelerinde oldukça küçük değişiklikler olduğunu bildirmişlerdir. Gursoy vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada 100, 125 ve 150W güçlerde 5 dakika süre ile 70°C'deki sültere uygulanan ultrasonikasyon işleminin ayranların L*, a* ve b* değerlerini etkilemediği rapor edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde 150W güçte 5 dakika ultrasonikasyon işleminin kontrol grubuna kıyasla ultrasonikasyon uygulanan ayran örneğinin L* ve b*

değerini yükselttiği belirlenmiş ancak söz konusu değişimlerin duyusal olarak fark edilemeyecek düzeyde olduğu değerlendirilmiştir (Tablo 4.4).

Konu ile ilgili olarak Darnay vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada %3,5 ve 5 yağlı pastörize inek sütünden yapılan yarı sert peynir örneklerinin üretiminde mikrobiyal transglutaminaz ile işlem görmüş süt kullanımının peynir örneklerinin yüzey renk değerlerine etkisi araştırılmıştır. Üretimde transglutaminaz ile muamelenin örneklerin aydınlık (L^*) ve kırmızılık (a^*) değerleri üzerine etkili olmadığı ancak sarılık (b^*) değerini önemli düzeyde etkilediği bulunmuştur. Araştırmacılar ilgili sonucu transglutaminaz enziminin proteinler üzerindeki çapraz bağlama aktivitesinin yağda çözünen ve süt yağına sarı rengini veren β -karotenin yapı içerisinde hapsedilmesine bağlamışlardır. Bu çalışmada elde edilen bulgularla zıt olarak çalışmamızda kontrol grubu ile kıyaslandığında ayran örneklerinin b^* değeri üzerine transglutaminaz enzimi kullanımının etkili olmadığı ($p>0,05$), L^* ve a^* değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir. Ancak ilgili düşüşlerin tüketici davranışlarını değiştirecek düzeyde bir değişiklik olmadığı değerlendirilmektedir.

Çalışma bulgularımızla diğer çalışmaların bulgularının farklılıklarının ultrasonikasyon işleminin uygulama koşulları ile transglutaminaz enzimin ilave konsantrasyonu ve muamele koşullarının farklılıklarından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

4.4. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Asitlik ve pH Değerleri Üzerine Etkisi

Asidik karakterli bir süt ürünü olan ayran örneklerinin belirlenen laktik asit cinsinden % asitlik ve pH değerleri Tablo 4.6, 4.7 ve 4.8’de verilmiştir. Tablo 4.6’da görüldüğü gibi depolamanın 1., 5. ve 10. gününde starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterilerinin aktivitesi sonucu ortamdaki laktik asit konsantrasyonundaki yükseliş nedeniyle % asitlik değerlerinin giderek arttığı aynı zamanda beklendiği şekilde pH değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Diğer bir ifade ile depolama süresi uzadıkça ayranlar daha asit karakterli hale gelmişlerdir. Diğer faktörler elimine edilip % asitlik değerlerinin depolama süresince değişimleri incelendiğinde depolama süresi uzadıkça % asitlik değerinin arttığı görülmektedir ($p<0,05$) (Tablo 4.8). Depolama süresince % asitlik artışının devam etmesi ve pH değerlerinin azalması ayran üretiminde kullanılan yoğurt bakterilerinin aktivitesini sürdürdüğü anlamına gelmektedir. Yapılan istatistiksel analizde ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ilavesi x depolama süresi interaksiyonunun örneklerin % asitlik ve pH değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir

($p<0,05$) (Tablo 4.6). Örneklerin en düşük % asitlik değerleri depolamanın ilk günlerinde belirlenmiş en yüksek % asitlik değerleri kontrol örneği ile ultrasonikasyon ve transglutaminaz enzimlerinin ayrı ayrı uygulandığı ayran örneklerinde depolama süresinin sonunda belirlenmiştir ($p<0,05$). Ultrasonikasyon işlemi ve transglutaminaz enzimi ile muamele işlemlerinin birlikte uygulandığı örneklerin genel olarak % asitlik değerlerinin kontrol grubundan yüksek ve pH değerlerinin kontrol grubundan düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Ayran örneklerinin asitlik ve pH değerleri üzerine ayran üretiminde kullanılan ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının etkisi*

Örnek	Depolama süresi (gün)	Asitlik (%)	pH
Kontrol	1	0,44±0,02 ^{FGH}	4,31±0,06 ^{AB}
	5	0,50±0,01 ^{BC}	4,13±0,01 ^D
	10	0,54±0,01 ^A	4,05±0,02 ^{DE}
US	1	0,44±0,01 ^{FGH}	4,24±0,09 ^{BC}
	5	0,52±0,01 ^{AB}	3,95±0,06 ^{HI}
	10	0,54±0,02 ^A	3,93±0,06 ^{HI}
TG %0,01	1	0,46±0,01 ^{EF}	4,26±0,04 ^{ABC}
	5	0,48±0,01 ^{CD}	4,01±0,05 ^{E-H}
	10	0,53±0,02 ^A	4,00±0,13 ^{E-H}
TG %0,02	1	0,43±0,03 ^{FGH}	4,33±0,05 ^A
	5	0,47±0,01 ^{DE}	4,11±0,04 ^D
	10	0,49±0,02 ^{CD}	3,97±0,08 ^{F-I}
TG %0,03	1	0,45±0,01 ^{FG}	4,22±0,04 ^C
	5	0,50±0,01 ^{BC}	4,06±0,01 ^{DE}
	10	0,53±0,02 ^A	3,91±0,02 ^I
US+TG %0,01	1	0,42±0,02 ^H	4,30±0,04 ^{ABC}
	5	0,48±0,02 ^{CDE}	4,00±0,03 ^{E-I}
	10	0,49±0,01 ^{CD}	4,04±0,12 ^{D-G}
US+TG %0,02	1	0,42±0,02 ^H	4,29±0,07 ^{ABC}
	5	0,49±0,03 ^{CD}	4,05±0,06 ^{DEF}
	10	0,49±0,01 ^{CD}	4,01±0,03 ^{E-H}
US+TG %0,03	1	0,43±0,00 ^{GH}	4,33±0,06 ^{AB}
	5	0,48±0,01 ^{CDE}	4,12±0,05 ^D
	10	0,49±0,02 ^{BCD}	3,96±0,05 ^{GHI}

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.7. Ayran üretiminde kullanılan işlemlerin ayranın % asitlik ve pH değerlerine etkisi* (n=12)

Örnek	Asitlik (%)	pH
Kontrol	0,49±0,04 ^A	4,16±0,12 ^A
US	0,50±0,05 ^A	4,04±0,16 ^D
TG %0,01	0,49±0,03 ^A	4,09±0,15 ^{BCD}
TG %0,02	0,47±0,03 ^B	4,13±0,17 ^{AB}
TG %0,03	0,49±0,04 ^A	4,06±0,13 ^{CD}
US+TG %0,01	0,46±0,04 ^B	4,11±0,15 ^{ABC}
US+TG %0,02	0,47±0,04 ^B	4,12±0,14 ^{ABC}
US+TG %0,03	0,47±0,03 ^B	4,14±0,16 ^{AB}

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda depolamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.8. Depolama süresinin ayran örneklerinin asitlik ve pH değerleri üzerine etkisi* (n=32)

Süre (gün)	Asitlik (%)	pH
1	0,43±0,02 ^C	4,28±0,07 ^A
5	0,49±0,02 ^B	4,05±0,07 ^B
10	0,51±0,02 ^A	3,98±0,08 ^C

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.7'den de görüldüğü gibi farklı işlemlere maruz bırakılan ayran örneklerinin % asitlik değerleri istatistiksel açıdan farklılıklar gösterse de söz konusu farklılıkların pratikte bir öneminin olmadığı değerlendirilmektedir. Benzer durum ayran örneklerinin pH değerleri içinde geçerlidir.

Çalışmada ayran örnekleri için belirlenen başlangıç % asitlik ve pH değerlerinin Gursoy vd. (2006), ve Tonguc (2006) tarafından belirtilen değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Transglutaminaz enzimi ile muamele işleminin yoğurt örneklerinin % asitlik ve pH değerleri üzerinde etkilerinin belirlendiği çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bazı çalışmalarda transglutaminaz enzimi ile muamelenin örneklerin pH değerini hafif bir şekilde yükselttiği (Aprodu vd., 2011) bazı çalışmalarda hafif bir şekilde düşürdüğü (Darnay vd., 2015) ve bazı çalışmalarda ise ayran örneklerinin % asitlik ve pH değerini etkilemediği (Şanlı vd., 2011; Ziarno ve Zarebe, 2019) belirtilmiştir. Çalışma elde

ettiğimiz bulgularla yukarıda bahsedilen bazı çalışmaların bulgularının farklılıklarının ultrasonikasyon işleminin uygulama koşulları ile transglutaminaz enzimin ilave konsantrasyonu ve muamele koşullarının farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.5. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayıranda Serum Ayrılması Üzerine Etkisi

Ayran gibi içilebilir nitelikteki fermente süt ürünlerinin kalitesine etki eden parametrelerin başında serum ayrılması gelmektedir. Serum ayrılması yoğurt benzeri asidik fermente süt ürünlerinin yüzeylerinde zamanla kendiliğinden oluşan bir yapı kusuru olarak tanımlanmaktadır (Lucey, 2001). Yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinin üretimi gerekli olan asitle pıhtılaşmada sütte asitliğin gelişmesine paralel olarak kazein miselleri elektriksel yüklerini yitirmekte ve asitliğin belirli bir seviyeye düşmesiyle gerçekleşen nötralizasyon sırasında miseller bir araya gelerek koagülasyon başlamaktadır. Asitlik gelişimi ile proteinlerin su tutma kapasiteleri arasındaki ilişki yoğurt pıhtısının reolojik özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle serum ayrılmasında asitlik de önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Ayran üretimi sırasında pıhtı kırma işlemi sırasında uygulanan mekanik etki sonucunda pıhtı yapısı bozulmakta ve bundan olumsuz yönde etkilenen kolloidal yapıda serum ayrılması meydana gelebilmektedir (Tamuçay Özünü, 2005).

Çalışmamızda üretilen ayran örneklerinde görülen serum ayrılması değerleri üzerine ultrasonikasyon, transglutaminaz enzimi ile muamele ve ultrasonikasyon+transglutaminaz enzimi ile muamele işlemleri ve depolama süresinin etkisi Tablo 4.9, 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Tablo 4.9 ve 4.10’dan da görüldüğü gibi kontrol grubu ile kıyaslandığında diğer bütün uygulamaların ayran örneklerinde serum ayrılmasını önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca bütün örneklerin serum ayrılması değerlerinde artış belirlenmiştir (Tablo 4.11). Çalışmamızda uygulanan bütün işlemler değerlendirildiğinde en düşük serum ayrılması değerinin ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ile muamele işlemi ile üretilen ayran örneklerinde belirlendiği görülmüştür. Çalışmamızdaki bu bulgu transglutaminaz enziminin tek başına uygulanması yerine düşük konsantrasyonda ve ultrasonikasyon işlemi ile birlikte uygulanmasının ayranlarda serum ayrılmasının azaltılmasında en etkili yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu şekildeki uygulama aynı zamanda endüstriyel

üretimlerde daha az enzim kullanımını teşvik edeceğinden firmaların üretim maliyetlerini azaltabilecektir.

Ayran ve yoğurt benzeri ürünlerin üretiminde ultrasonikasyon (Gursoy vd. 2016; Erkaya vd., 2015; Yazar Özen, 2017; Yazar Özen vd. 2017; Gürsoy vd., 2019) ve transglutaminaz enzimi kullanımının serum ayrılmasını azaltıcı etkisinin olduğu konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur (Aprodu vd. 2011; Şanlı vd., 2011; Dinkçi, 2012; Şanlı vd., 2013, Şanlı, 2015). Çalışma bulgularımız yukarıda çalışmaların bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.9. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri*

Örnek	Depolama süresi (gün)	Serum ayrılması (mL)	Örnek	Depolama Süresi (gün)	Serum ayrılması (mL)
Kontrol	1	4,25±2,18 ^J	TG %0,03	1	2,13±0,63 ^{JK}
	5	18,75±4,50 ^{BC}		5	9,38±0,48 ^{HI}
	10	28,13±4,59 ^A		10	15,50±1,73 ^{DE}
US	1	3,50±0,71 ^{JK}	US+TG %0,01	1	1,88±0,25 ^{JK}
	5	10,25±0,96 ^{GH}		5	7,25±1,44 ^I
	10	13,63±2,59 ^{EF}		10	12,13±2,78 ^{FGH}
TG %0,01	1	3,50±1,73 ^{JK}	US+TG %0,02	1	1,25±0,29 ^K
	5	12,75±1,26 ^{EFG}		5	12,50±1,00 ^{FG}
	10	19,63±3,35 ^{BC}		10	20,88±1,93 ^B
TG %0,02	1	2,50±0,58 ^{JK}	US+TG %0,03	1	1,50±0,41 ^{JK}
	5	10,25±0,50 ^{GH}		5	11,50±1,22 ^{FGH}
	10	17,00±1,58 ^{CD}		10	18,00±2,04 ^{CD}

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.10. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine etkisi* (n=12)

Örnek	Serum Ayrılması (mL)
Kontrol	17,04±10,85 ^A
US	9,13±4,64 ^D
TG %0,01	11,96±7,20 ^B
TG %0,02	9,92±6,26 ^{CD}
TG %0,03	9,00±5,80 ^D
US+TG %0,01	7,08±4,67 ^E
US+TG %0,02	11,54±8,48 ^{BC}
US+TG %0,03	10,33±7,20 ^{BCD}

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda depolamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.11. Depolamanın ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine etkisi* (n=32)

Süre (gün)	Serum Ayrılması (mL)
1	2,56±1,40 ^C
5	11,58±3,62 ^B
10	18,11±5,32 ^A

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda uygulamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

4.6. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Reolojik Özelliklerine Etkisi

Ayran ve benzeri fermente süt ürünlerinin tekstürel ve reolojik özelliklerinin bilinmesi, endüstriyel üretimde akış proseslerinin tasarlanmasında, ürünün üretimi, depolanması, kalite kontrolü ve akış özelliklerinin tahmin edilmesinde önemlidir (Ertugay vd., 2012).

Newton Yasası'na göre kayma stresi ile kayma hızı arasındaki oran sabittir. Bu durum, kayma hızına bağlı olmaksızın viskozitenin sabit olduğu anlamına gelmektedir. Süt

ve karbonatlı içecekler gibi bazı sıvılar Newton Yasası'na uyan sıvılara örnek verilebilir. Bununla birlikte pek çok sıvı ve yarı katı gıdalar Newton Yasası'na uymazlar, yani kayma stresi ile kayma hızı arasındaki ilişki lineer değildir. Bunlar için kayma stresi ile kayma hızı arasındaki oran, görünen viskozite olarak adlandırılır ve kayma hızına bağlı olarak değişir. Newton Yasası'na uymayan materyaller için kayma stresi ile kayma hızı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için pek çok model önerilmiştir (Özdemir, 2004).

Akış davranış indeksi (n) değerleri 1 olan akışkanlar Newton tipi akışkanlardır. Eğer n değeri 1'den büyükse akışkan dilatant (kaymayla kalınlaşan) akış özelliğine sahiptir. Dilatant akışkanlarda kayma oranı arttıkça görünür viskozite de artmaktadır. Eğer n değeri 0 ile 1 arasında bir değer ise akışkan pseudoplastik olarak sınıflandırılmaktadır (Yazar Özen, 2017).

Çalışmamızda farklı uygulamalarla üretilen ayran örneklerinin reolojik özelliklerine ait veriler Tablo 4.12 ve 4.13, reolojik özelliklerin depolama süresince değişimleri 4.14'de verilmiştir. Ayran örneklerine uygulanan işlemler ile depolama süresi interaksiyonun ayran örneklerinin görünür viskozite ve akış davranış indeksi değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.12). Benzer şekilde depolama süresi ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerini etkilememiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.14). Tablo 4.12 ve 4.13 incelendiğinde akış davranış indekslerinin (n) 1'den küçük olduğu, dolayısıyla ayran örneklerinin tümünün Newton tipi olmayan akış özelliğine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin reolojik özellikleri*

Örnek	Depolama süresi (gün)	Görünür Viskozite (mPa.s, 180 rpm)	Akış Davranış İndeksi (n)	Kıvam Katsayısı (K, mPa.s ⁿ)
Kontrol	1	36,53±4,09 ^A	0,15±0,05 ^A	2925,75±895,42 ^B
	5	33,89±4,36 ^A	0,27±0,08 ^A	1526,33±705,99 ^B
	10	40,28±0,78 ^A	0,19±0,00 ^A	2564,50±98,29 ^B
US	1	88,61±8,27 ^A	-0,43±0,17 ^A	174260,50±165784,97 ^A
	5	79,17±17,05 ^A	0,04±0,03 ^A	11101,25±2875,17 ^B
	10	75,56±4,69 ^A	0,05±0,07 ^A	10077,50±3253,08 ^B
TG %0,01	1	62,99±17,15 ^A	0,05±0,06 ^A	8696,25±4761,08 ^B
	5	54,93±20,29 ^A	0,40±0,17 ^A	1237,00±588,95 ^B
	10	59,10±15,45 ^A	0,55±0,38 ^A	1286,53±1310,64 ^B
TG %0,02	1	62,02±26,73 ^A	0,21±0,12 ^A	4572,50±4649,77 ^B
	5	82,36±14,66 ^A	0,88±0,19 ^A	193,95±148,61 ^B
	10	73,96±15,92 ^A	0,58±0,43 ^A	1676,33±1791±97 ^B
TG %0,03	1	96,47±11,16 ^A	0,20±0,14 ^A	7413,23±5512,71 ^B
	5	109,10±22,74 ^A	0,54±0,23 ^A	1544,50±1233,54 ^B
	10	110,90±8,96 ^A	0,60±0,15 ^A	1000,00±597,95 ^B
US+TG %0,01	1	94,32±18,35 ^A	-0,43±0,09 ^A	155125,40±84548,29 ^A
	5	95,51±21,44 ^A	0,00±0,05 ^A	16848,25±7056,77 ^B
	10	99,02±12,77 ^A	-0,03±0,06 ^A	20537,25±6044,48 ^B
US+TG %0,02	1	72,71±4,44 ^A	0,03±0,11 ^A	12150,50±8037,70 ^B
	5	79,86±12,97 ^A	0,29±0,11 ^A	3145,25±1149,57 ^B
	10	82,09±14,32 ^A	0,32±0,12 ^A	2780,00±1125,51 ^B
US+TG %0,03	1	104,45±7,87 ^A	-0,12±0,06 ^A	32675,00±8563,31 ^B
	5	108,90±2,31 ^A	0,19±0,08 ^A	7320,75±3026,77 ^B
	10	123,20±2,95 ^A	0,19±0,06 ^A	8186,25±2234,79 ^B

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.13. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin reolojik özellikleri üzerine etkisi*

Örnek	Görünür Viskozite (mPa.s, 180 rpm)	Akış Davranış İndeksi (n)	Kıvam Katsayısı (K, mPa.s ⁿ)
Kontrol	37,43±3,23 ^D	0,18±0,05 ^{AB}	2585,25±736,27 ^B
US	81,11±11,70 ^C	-0,11±0,25 ^E	65146,42±118301,58 ^A
TG %0,01	59,00±16,41 ^D	0,33±0,31 ^{BC}	3739,93±4488,30 ^B
TG %0,02	72,78±19,96 ^{CD}	0,56±0,38 ^A	2147,59±3222,60 ^B
TG %0,03	105,49±15,55 ^{AB}	0,45±0,24 ^{AB}	3319,25±4242,27 ^B
US+TG %0,01	96,13±16,50 ^B	-0,18±0,22 ^E	71166,85±84731,59 ^A
US+TG %0,02	78,22±11,16 ^C	0,21±0,17 ^{CD}	6025,25±6230,11 ^B
US+TG %0,03	112,18±9,52 ^A	0,09±0,16 ^D	16060,67±13212,16 ^B

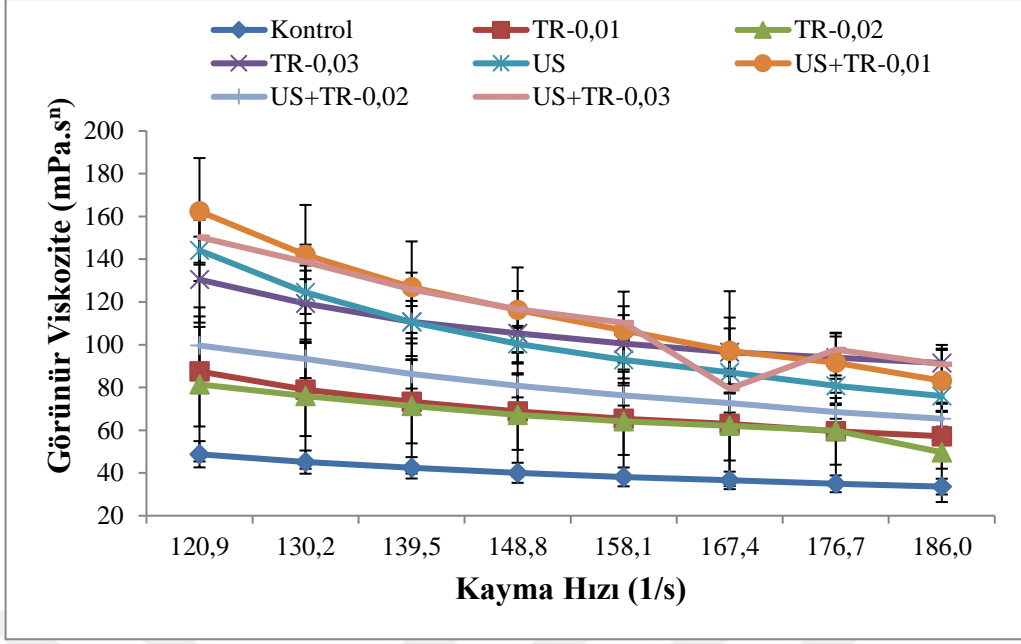
*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda depolamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.14. Depolamanın ayran örneklerinin reolojik özellikleri üzerine etkisi*

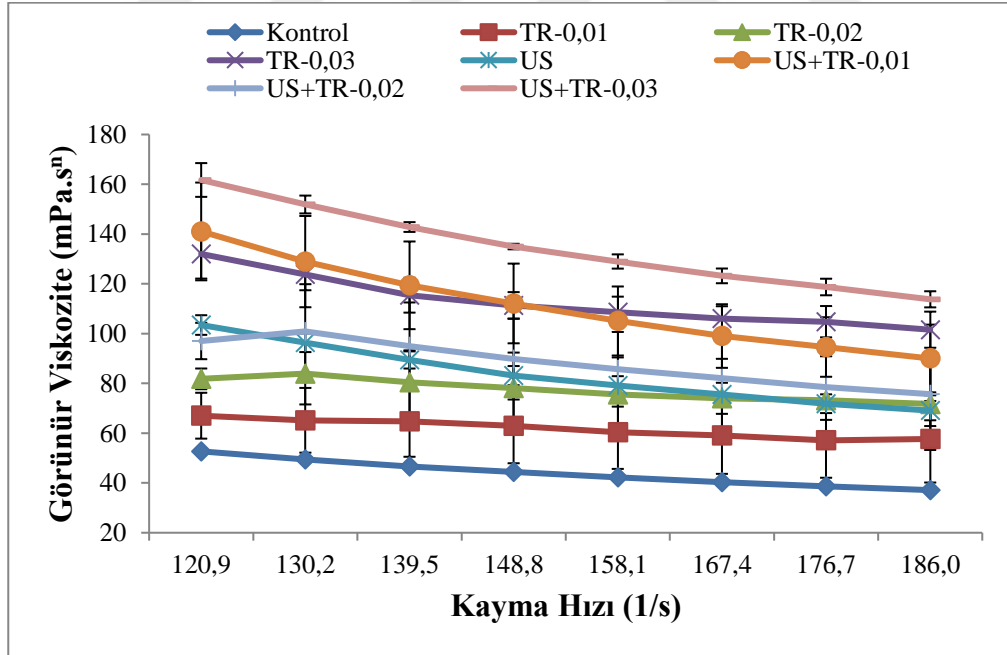
Süre (gün)	Görünür Viskozite (mPa.s, 180 rpm)	Akış Davranış İndeksi (n)	Kıvam Katsayısı (K, mPa.s ⁿ)
1	77,78±25,07 ^A	-0,05±0,27 ^B	52921,27±91267,76 ^A
5	83,74±26,14 ^A	0,33±0,31 ^A	5647,13±6325,18 ^B
10	85,86±26,10 ^A	0,31±0,31 ^A	6243,48±7031,70 ^B

*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda uygulamaların etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz ve ultrasonikasyon+farklı oranlarda transglutaminaz uygulanmış ayranların depolanmasının birinci ve onuncu gününde farklı kayma hızlarında görünür viskozite değerleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekilden 4.2’de görüldüğü gibi depolamanın başında en düşük görünür viskozite değeri kontrol grubu ayrana aitken en yüksek değer ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ile muamele edilmiş süttten üretilen ayranda belirlenmiştir. Depolamanın onuncu gününde kontrol grubu yine en düşük görünür viskozite değerine sahip iken en yüksek değer ultrasonikasyon+%0,03 transglutaminaz enzimi ile muamele edilmiş süttten üretilen ayranda belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca çalışmamızdaki bütün uygulamaların kontrol grubu ayrana göre görünür viskozite değerini yükselttiği ve viskoziteye olumlu yönde katkı yaptığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz ve ultrasonikasyon+farklı oranlarda transglutaminaz uygulanmış ayranların depolanmasının birinci gününde farklı kayma hızlarında görünür viskozite değerleri



Şekil 4.3. Ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz ve ultrasonikasyon+farklı oranlarda transglutaminaz uygulanmış ayranların depolanmasının onuncu gününde farklı kayma hızlarında görünür viskozite değerleri

Tablo 4.12 incelendiğinde ayran üretiminde uygulanan ultrasonikasyon, %0,03 oranında transglutaminaz enzimi ile muamele ve ultrasonikasyon+ farklı konsantrasyonlarda transglutaminaz enzimi ile muamele işlemlerinin örneklerin görünür viskozite değerlerini kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttırdığı görülmektedir ($p<0,05$). Ayran örneklerindeki en yüksek viskozite değerleri ultrasonikasyon+%0,03 transglutaminaz enzimi ilavesi, %0,03 transglutaminaz enzimi ilavesi ve ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ilavesi ile üretilen ayranlarda belirlenmiştir. Bu sonuç serum ayrılması değeri ile yorumlandığında ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ilavesi ayran üretiminin hem viskozitenin iyileştirilmesi hem de görünür viskozitenin artırılması amacıyla kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışma bulgularımızla benzer olarak ultrasonikasyon (Gursoy, 2016; Yazar Özen, 2017, Yazar Özen vd. 2017) ve transglutaminaz enzimi ile muamele (Şanlı, 2009; 2015) işlemlerinin yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinin görünür viskozite değerlerini yükselttiği farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Ultrasonikasyon işlemi uygulaması (Riener vd., 2009) ve transglutaminaz enzimi ile muamele (Gharibzahedi vd., 2018) işleminin süt proteinleri arasında güçlü ağ yapıları oluşturması ve çapraz bağlanmalara yol açarak ilave kovalent bağlar oluşturmasının yoğurt sıklığını ve tekstürel özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmektedir.

4.7. Ultrasonikasyon ve Transglutaminaz Enzimi İlavesinin Ayranın Duyusal Özelliklerine Etkisi

Yapılan çalışmada ultrasonikasyon uygulaması, transglutaminaz enzimi ilavesi ve her ikisinin birlikte kullanımı sonucunda meydana gelen duysal değişikliklerin belirlenmesi amacıyla serum ayrılması ve reolojik özellikleri en iyi olan örnekler arasından seçilen ayranlar tüketici beğenisine sunulmuştur. Yapılan duysal analizlere ilişkin veriler Tablo 4.15, 4.16 ve depolama süresinin duysal analizler üzerindeki etkisi Tablo 4.17'de yer verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda depolamanın 1. gününde 5,70 puan ortalamasıyla kontrol grubu en çok beğeni alan ayran örneği olurken, depolamanın 10. gününde en çok beğeni alan ayran örneğinin 5,88 ortalama puan ile %0,03 oranında transglutaminaz enzimi uygulaması olduğu görülmüştür. Ultrasonikasyon uygulamasının tek başına uygulanmasının duysal lezzet beğenisini kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde düşürdüğü ($p<0,05$) ve en düşük ortalama lezzet puanını bu örneğin aldığı belirlenmiştir (Tablo 4.16). Benzer sonuç ultrasonikasyon+%0,02 transglutaminaz enzimi

ile muamele işlemi ile üretilen ayran örnekleri için de bulunmuştur (Tablo 4.16). Lezzet açısından en beğenilen ayran örneğinin %0,03 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği olduğu ve bu örneği ultrasonikasyon+%0,01 ve 0,02 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayranların takip ettiği tespit edilmiştir. Yine depolamanın 10. günündeki kontrol örneğinin ortalama lezzet puanının %0,03 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği ile ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği ile benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.15). Çalışmamızda elde edilen duyu analizi sonuçları ayranlarda serum ayrılmasının azaltılması ve görünür viskozitenin iyileştirmesi amacıyla ultrasonikasyonun tek başına uygulanması yerine %0,01 transglutaminaz enzimi ile birlikte uygulanmasının duyu lezzet puanı açısından daha olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Tablo 4.15. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin duyu özellikleri*

Örnek	Depolama süresi (gün)	Lezzet Puanı
Kontrol	1	5,70±1,40 ^{AB}
	10	5,80±0,91 ^A
US	1	3,70±2,32 ^E
	10	4,70±2,04 ^{CD}
TG %0,03	1	5,20±1,24 ^{ABC}
	10	5,88±1,14 ^A
US+TG %0,01	1	4,05±2,12 ^{DE}
	10	5,48±1,65 ^{AB}
US+TG %0,02	1	4,10±1,81 ^{DE}
	10	5,00±1,89 ^{BC}

*Tablodaki aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.16. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamalarının ayran örneklerinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi* (n=80)

Örnek	Lezzet Puanı
Kontrol	5,75±1,17 ^A
US	4,20±2,23 ^C
TG %0,03	5,54±1,23 ^A
US+TG %0,01	4,76±2,02 ^B
US+TG %0,02	4,55±1,90 ^{BC}

*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda depolamanın etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Tablo 4.17. Depolama süresinin ayran örneklerinin duyuşal özellikleri üzerine etkisi* (n=200)

Süre (gün)	Lezzet Puanı
1	4,55±1,96 ^A
10	5,37±1,64 ^B

*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05). Bu tabloda uygulamaların etkisi dikkate alınmamıştır. US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

Çalışmamızda elde edilen veriler ultrasonikasyon uygulaması ve transglutaminaz enzimi ile muamele işlemlerinin yoğurt ve yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinin duyuşal özellikleri üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışma sonuçlarıyla kıyaslandığında bazı çalışmalardan farklı (Aprodu vd. 2011; Ozer vd. 2007; Şanlı, 2013) bazı çalışmalarla ise benzer (Erkaya vd. 2015) olduğu görülmektedir. Konu ile ilgili farklılıkların ayran örneklerinin üretimindeki işlem parametrelerinin farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.8. Ayran Örneklerinin Mikrobiyolojik Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışma ile ultrasonikasyon uygulaması, transglutaminaz enzimi ilavesi ve her ikisinin birlikte kullanımının ayranlarda depolama süresince starter kültür gelişimine etkisini gözlemlemek amacıyla depolamanın 1. ve 10. gününde ayranların toplam laktobasil ve toplam streptokok sayıları belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.18’de verilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre ayıranda toplam spesifik mikroorganizma sayısının en az 10^6 kob/mL olması gerektiği belirtilmiştir. Tablo 4.18 incelendiğinde toplam spesifik mikroorganizma sayısının 10^7 kob/mL değerinin üzerinde olduğu görülmekte olup ultrasonikasyon uygulamasının, transglutaminaz enzimi ilavesinin ve her ikisinin birlikte kullanımının toplam spesifik mikroorganizma sayısı üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.18. Farklı ultrasonikasyon ve transglutaminaz uygulamaları ile üretilen ayran örneklerinin toplam laktobasil ve streptokok sayıları*

Örnek	Depolama süresi (gün)	Laktobasil (log kob/mL)	Streptokok (log kob/mL)
Kontrol	1	7,67±0,10	8,53±0,32
	10	7,78±0,06	8,61±0,27
US	1	7,71±0,22	8,72±0,08
	10	7,57±0,50	8,77±0,12
TG %0,01	1	7,67±0,33	8,74±0,17
	10	7,59±0,68	8,79±0,05
TG %0,02	1	7,67±0,33	8,80±0,01
	10	7,38±0,30	8,78±0,01
TG %0,03	1	7,37±0,22	8,68±0,05
	10	7,53±0,09	8,82±0,21
US+TG %0,01	1	7,64±0,10	8,76±0,16
	10	7,55±0,30	8,81±0,10
US+TG %0,02	1	7,51±0,52	8,78±0,04
	10	7,49±0,41	8,74±0,01
US+TG %0,03	1	7,43±0,27	8,61±0,22
	10	7,26±0,09	9,21±0,39

*Tablodaki aynı sütündeki farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). US: Ultrasonikasyon, TG: Transglutaminaz

5. SONUÇ

Bu çalışmada ayran üretiminde ultrasonikasyon uygulaması, farklı oranlarda transglutaminaz enzimi uygulaması ve ultrasonikasyon uygulaması ile birlikte farklı oranlarda transglutaminaz enzimi uygulaması yapılmasının ayran örneklerinin bazı kalite parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Ultrasonikasyon uygulamasının ve transglutaminaz enzimi uygulamasının ayran örneklerinin kurumadde, yağ ve protein içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ayran üretiminde ultrasonikasyon ve transglutaminaz ile muamele edilmiş süt kullanımının ayranların renk parametrelerine olan etkilerinin pratikte bir öneminin olmadığı değerlendirilmiştir. Ayran örneklerinin % asitlik değerleri depolama süresince artarken pH değerleri azalmıştır. Söz konusu bulgu süte uygulanan ultrasonikasyon işlemi ve transglutaminaz ile muamele işlemlerinin starter kültür gelişimi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu durum ayran örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam laktobasil ve toplam streptokok sayılarıyla da teyit edilmiştir. Ultrasonikasyon+transglutaminaz enzimi ile muamele işlemleri ayranların pH değerleri üzerinde bir değişime yol açmamıştır ($p<0,05$). Bu bulgunun aksine ultrasonikasyon+transglutaminaz enzimi ile muamele işlemleri (%0,46-0,47) kontrol (%0,49) örneğine göre örneklerin % asitlik değerlerini düşürmüştür ($p<0,05$) ancak bu düşüşün duyuşal açıdan anlamlı olmadığı değerlendirilmiştir.

Kontrol grubu ile kıyaslandığında ultrasonikasyon, farklı oranlarda transglutaminaz enzimi ile muamele ve her iki uygulamanın birlikte yapıldığı bütün uygulamaların ayran örneklerinde serum ayrılmasını önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Çalışmada üretilen bütün ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin depolama süresi boyunca arttığı gözlemlenmiştir. Araştırmada uygulanan bütün uygulamalar değerlendirildiğinde en düşük serum ayrılması değeri ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ile muamele işlemi ile üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre transglutaminaz enziminin tek başına uygulanması yerine düşük konsantrasyonda ve ultrasonikasyon işlemi ile birlikte uygulanmasının ayranlarda serum ayrılmasının azaltılmasında daha etkili olacağı görülmektedir.

Ayran örneklerin reolojik özellikleri değerlendirildiğinde bütün örneklerin akış davranış indekslerinin (n) 1'den küçük olduğu, bu nedenle ayran örneklerinin tümünün

Newton tipi olmayan akış özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerin görünür viskozite değerleri incelendiğinde ayran üretiminde uygulanan ultrasonikasyon, %0,03 oranında transglutaminaz enzimi ile muamele ve ultrasonikasyon+ farklı konsantrasyonlarda transglutaminaz enzimi ile muamele işlemlerinin örneklerin görünür viskozite değerlerini kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür ($p<0,05$). Ayran örneklerindeki en yüksek viskozite değerleri ultrasonikasyon+%0,03 transglutaminaz enzimi ilavesi, %0,03 transglutaminaz enzimi ilavesi ve ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ilavesi ile üretilen ayranlarda belirlenmiştir. Bu sonuç serum ayrılması değeri ile yorumlandığında, ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ilavesinin ayran üretiminde hem viskozitenin iyileştirilmesi hem de görünür viskozitenin artırılması amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda duyuşal lezzet açısında en beğenilen ayran örneğinin %0,03 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği olduğu ve bu örneği ultrasonikasyon+%0,01 ve 0,02 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayranların takip ettiği belirlenmiştir. Yine depolamanın 10. günündeki kontrol örneğinin ortalama lezzet puanın %0,03 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği ile ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi uygulaması ile üretilen ayran örneği ile benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Çalışmamızda elde edilen duyuşal analiz sonuçları ayranlarda serum ayrılmasının azaltılması ve görünür viskozitenin iyileştirmesi amacıyla ultrasonikasyonun tek başına uygulanması yerine %0,01 transglutaminaz enzimi ile birlikte uygulanmasının duyuşal lezzet puanı açısından daha olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Yukarıdaki bütün sonuçlar değerlendirildiğinde ultrasonikasyon+%0,01 transglutaminaz enzimi ile muamele edilmiş sütlerin ayran üretiminde kullanımının transglutaminazın %0,02 ve üzerindeki konsantrasyonlarda kullanımını gerektiren durumlarda enzim kullanım miktarını azaltarak işletmelere önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bundan sonraki çalışmalarda enzim kullanımının daha fazla azaltılıp azaltılamayacağını belirlenmesi amacıyla %0,01'in altındaki transglutaminaz oranlarının çalışılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aaltonen, T., Huuonen, I., Myllärinen, P., 2004. Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making. *International Dairy Journal*, 38(2), 179-182.
- Açu, M., Yerlikaya, O., Kımık, Ö., 2014. Gıdalarda ısı olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14, 23-35.
- Akdeniz, V., Akalın, A.S., 2017. Ultrason uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 42(6), 743-753.
- Anonim 1981. TS 1018 Çiğ Süt Standardı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2006. Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'nde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ, Tebliğ No: 2006-38, Ankara.
- Anonim, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. (Tebliğ No: 2009/25) Resmi Gazete Sayı: 27143, 16.02.2009, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Aprodu, I., Gurau, G., Ionescu, A., Banu, I., 2011. The effect of transglutaminase on the rheological properties of yoğurt. *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 12 (2), 185-196.
- 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.
- Bayraktaroğlu, G., Obuz, E., 2006. *Türkiye 9. Gıda Kongresi. Bildiri Özetleri Kitabı*, Sayfa: 57-60.
- Bhaskarcharya, R.K., Kentish, S., Ashokkumar, M., 2009. Selected Applications of Ultrasonics in Food Processing. *Food Engineering Reviews*, 1, 31-49
- Bylund, G., 1995. *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden.
- Cristensen, B. M., Sorensen, E. S., Hojrup, P., Petersen, T.E., Ramussen L. K., 1996. Localization of transglutaminase crosslinking sites in bovine Caseins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1943-1947.
- Darnay, L., Králik, F., Oros, G., Koncz, A., Firtha, F. 2017. Monitoring the effect of transglutaminase in semi-hard cheese during ripening by hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*, 196, 123-129.
- Darnay, L., Len, A., Koncz, Á., Friedrich, L., Rosta, L., 2015. Small angle neutron scattering study of nanostructural changes in microbial transglutaminase-treated low fat yogurt during fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 24, 2125-2128.

- Di Pierro, P., Mariniello, L., Sorrentino, A., Giosafatto, C.V.L., Chianese, L., Porta, R., 2010. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. *Food Biotechnology*, 24(2), 107-120.
- Dinkçi, N., 2012. The influence of transglutaminase treatment on functional properties of strained yoghurt. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 2238-2246.
- Ercan Şahin, S., Soysal, Ç., 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *Gıda*, 36(4), 225-231.
- Erkaya, T., Başlar, M., Şengül M., Ertugay, M.F., 2015. Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. *Ultrasonics Sonochemistry* 13: 406-412.
- Ertugay, M.F., Şengül, M., Şengül, M., 2004. Effect of ultrasound on milk homogenization and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 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.
- Faergemand, M., Quvist, K. B., 1997. Transglutaminase: effect on rheological properties, microstructure and permeability of set style acid milk gel. *Food Hydrocolloids*, 11, 287-292.
- Faergemand, M., Sorensen, M.V., Jorgensen, U., Budolfsen, G and Qvist, K. B., 1999. Transglutaminase: effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt. *Milchwissenschaft*, 54(10), 563-566.
- Farnsworth, J.P., Li, J., Hendricks, G.M., Guo, M.R., 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*, 65 (1), 113-121.
- García-Gómez, B., Vázquez-Odériz, M.L., Muñoz-Ferreiro, N., Romero-Rodríguez M.A. Vázquez, M., 2019. Interaction between rennet source and transglutaminase in white freshcheese production: Effect on physicochemical and textural properties. *LWT-Food Science and Technology*, 113, 108279.
- Gharibzahedi, S.Y.T, Chronakis, I.S., 2018. Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. *Food Chemistry*, 245, 620-632.
- Gursoy, O., Yilmaz, Y., Gokce, O., Ertan, K., 2016. Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(4), 235-241.

- Güleç, H. A., 2006. Modern gıda muhafazasında vurgulu elektrik alan ve ultrason uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 73-76.
- Gürsoy, O., Yılmaz, Y., Gökçe, O., Kocatürk, K., Kesenkaş, H., 2019. Ultrasonikasyon Uygulanmış Sütlerden Üretilen Kefirlerin Reolojik, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Sonuç Raporu (Proje No: 0302-NAP-16), Burdur, Türkiye.
- Hamada, J. S., 1992. Modification of food proteins by enzymatic methods. Chapter 8. In: *Biochemistry of Food Proteins*, Springer, Boston, MA, pp.249-270.
- Imm, J.Y., Lian, P., Lee, C.M., 2000. Gelation and water binding properties of transglutaminasetreated skim milk powder. *Journal of Food Science*, 65, 2, 200-205.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I.L., 2008. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering*, 86, 281-287.
- Jaros, D., Partschfeld, C., Henle, T., Rohm, H., 2006. Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, applications. *Journal of Texture Studies*, 37(2), 113-155.
- 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.
- Karahan, L.E., 2015. Mikrobiyal transglutaminaz enzimi ve süt ürünlerinde kullanımı. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5(2), 200-216.
- Kieliszek, M., Misiewicz, A., 2004. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiologica*, 59(3), 241-250.
- Koçak, C., Avşar, Y.K., Tamuçay, B., 2006. A comparative study on the production methods of ayran. *Gıda*, 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., 123-141.
- Konica Minolta, 2005. Colorimetry: *How to Measure Color Differences*. 2005, Konica Minolta Photo Image Inc., USA.
- 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.
- Lorenzen, P.C., 2000. Technofunctional properties of transglutaminase treated milk proteins. *Milchwissenschaft*, 55(12), 667-670.
- MEGEP, 2011. Gıda Teknolojisi, Ayran. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Oysun, G., 2001. *Süt ve Ürünlerinde Analiz Yöntemleri*: Ege Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 504, Ege Üniv. Zir. Fak. Ofset Atelyesi, Bornova, İzmir, 306s.

- Ozer, B., Kirmaci, H.A., Oztekin, S., Hayaloglu, A., Atamer, M., 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*, 17(3), 199-207.
- Öner, Z., 2004. Mikrobiyal transglutaminazın özellikleri ve gıda sanayinde kullanılma olanakları. *Gıda*, 29(4), 269-272.
- Özdemir, Ü., 2004. Üretim Parametrelerinin Ayranın Yapısal Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.
- Özer, B., 2006. *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. Sidas Medya Limited Şirketi, 488.
- Özer, B., Hayaloglu, A.A., Yaman, H., Gürsoy, A., Şener, L. (2013). Simultaneous use of transglutaminase and rennet in white-brined cheese production. *International Dairy Journal*, 33(2), 129-134.
- Özrenk, E., 2006. The use of transglutaminase in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 59(1), 1-7.
- Pakseresht, S., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, S.M.A., 2017. Optimization of low-fat set-type yoghurt: effect of altered whey protein to casein ratio, fat content and microbial transglutaminase on rheological and sensorial properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2351-2360.
- Panesar, P.S., 2011. Fermented Dairy Products: Starter Cultures and Potential Nutritional Benefits. *Food and Nutrition Sciences*, 2: 47-51, doi:10.4236/fns.2011.21006
- Piyasana, P., Mohareb, E., Mckellar, R. C., 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216.
- Renner, E., 1991. *Dictionary of Milk and Dairying*. Printing Pustet Resenburg, Germany, 384p.
- 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 yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114, 905-911.
- Romeih, E., Walker, G., 2017. Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 133-140.
- Romeih, E.A., Abdel-Hamid, M., Awad, A.A., 2014. The addition of buttermilk powder and transglutaminase improves textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt. *Dairy Science & Technology*, 94(3), 297-309.
- Sala, F.J., Raso, J., Pagan, R., Condon, S., 1998. Influence of temperature and pressure on the lethality of ultrasound. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 471-475.

- Sharma, R., Lorenzen, P.C., Qvist, K.B., 2001. Influence of transglutaminase treatment of skim milk on the formation of ϵ -(γ -glutamyl)lysine and the susceptibility of individual proteins towards crosslinking. *International Dairy Journal*, 11, 785-793.
- 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.
- Shorsch C., Carrie H., Clark A.H., Norton, I.T., 2000. Crosslinking casein micells by microbial transglutaminase conditions for formation of transglutaminase induced gels. *International Dairy Journal*, 10, 519-528.
- Steffe, J.F., 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*, 2nd ed. Freeman Press, East Lansing, MI, USA.
- Şanlı, T., 2009. Transglutaminaz Enzimiyle Proteini Modifiye Edilmiş Sütten Yapılan Ayranların Bazı Niteliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Şanlı, T., 2015. Effects of using transglutaminase and fat replacer on functional properties of non-fat yoghurt. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(6), 907-913.
- Şanlı, T., Sezgin, E., Deveci, O., Şenel, E., Benli, M., 2011. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 25, 1477-1481.
- Şanlı, T., Sezgin, E., Şenel, E., Benli, M., 2011. Geleneksel yöntemle ayran üretiminde transglutaminaz kullanımının ayranın özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 36(4), 217-224.
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F., 2008. Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34 (4), 219-222.
- Tamuçay Özünlü, B., 2005. Ayran kalitesinde etkili bazı parametreler üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Temiz, H., Dağyıldız, K., 2017. Effects of microbial transglutaminase on physico-chemical, microbial and sensorial properties of kefir produced by using mixture cow's and soymilk. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37, 4, 606-616.
- Tonguç, İ.E., 2006. Probiyotik Ayran Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, Türkiye.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 25.05.2019.
- Üçüncü, M., 2010. *Süt ve Mamulleri Teknolojisi*. Sidas Medya Ltd. Şti., Çankaya, İzmir.

- Wróblewska, B., Kolakowski, P., Pawlikowska, K. and Troszynska, A., Kaliszewska, A., 2009. Influence of the addition of transglutaminase on the immunoreactivity of milk proteins and sensory quality of kefir. *Food Hydrocolloids*, 23, 2434-2445.
- Wu, H., Hubert, G.J., Mount, J.R., 2001. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yoghurt starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 211-218.
- Yazar Ozen, A., Gursoy, O., Yilmaz, Y., 2017. Effect of ultrasonication power and time on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink. The 8th International Symposium EuroAliment "Mutatis mutandis in Food", 7-8 September 2017, Galati, Romania, Book of Abstracts, Page: 102.
- Yazar Özen, A., 2017. Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayrın Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur.
- Yıldırım, M., Hettiarachchy, N.S., Kalapathy, U., 1996. Properties of biopolymers from cross-linking whey protein isolate and soybean 11S globulin. *Journal of Food Science*, 61, 1129-1132.
- Ziarno, M., Zareba, D., 2019. The effect of the addition of microbial transglutaminase before the fermentation process on the quality characteristics of three types of yogurt. *Food Science and Biotechnology*, <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00640-6>.

EKLER

Panelist Numarası:.....

AYRAN DUYUSAL TESTİ

Sayın Panelist,

Size, toplamda **5 (beş)** 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 : Ümit Serdar DUMAN

Doğum Yeri ve Yılı :Denizli, 1985



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise :Kazım Kaynak Anadolu Lisesi	1999-2003
Lisans :Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2003-2009
Yüksek Lisans :Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	2015-Halen

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>	
1. Türk Silahlı Kuvvetleri Kocaeli B Tipi Gıda Kontrol Müfreze Komutanlığı	01/2010-06/2010	
2. Met Gıda Ltd. Şti. – Üretim Müdürü	01/2011-02/2012	
3. Tanrıverdi Bakliyat Ltd. Şti.- Üretim Müdürü	02/2012-02/2013	
4. Altan Şarapçılık Ltd. Şti. –Üretim Müdürü	02/2013-04/2013	
	Vardiya Mühendisi	2013-2014
5. Aynes Gıda San. ve Tic. A. Ş.	Ar&Ge Mühendisi	2014-2017
	Ar&Ge Sorumlusu	2017-2019
	Ar&Ge Yönetmeni	2019-Halen