İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çiğdem KURT

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çiğdem KURT
506101518

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü' nün 506101518 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Çiğdem KURT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ"** başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ** ..……...
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. F. Seniha GÜNER** …….
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ ..…….....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 17 Aralık 2012
Savunma Tarihi : 25 Ocak 2013

ÖNSÖZ

Fermente süt içecekleri özellikle yaz aylarında tüketimi artan ürünlerdir ve bu ürünlerde viskozite düşüklüğü ve serum ayrılması en çok görülen yapısal kusurlardır. Bu kusurları en aza indirecek en etkili faktör ise ısıl işlemdir. Günümüzde tüketicilerin katkısız, duyusal özelliklerinde ve kalitesinde kayıp olmadan üretilen bu ürünlere olan talebi artmaktadır. Bu sebeple kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin temel üretim basamağı olan ısıl işlemin olumsuzluklarını ortadan kaldırmak ve sağladığı endüstriyel avantajı sağlayabilecek yeni yöntemlere ilgi artmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar süt ve yoğurt ile sınırlı kalmaktadır. Bu amaçla ultrases işleminin fermente süt içeceği üretiminde ısıl işlem yerine kullanımının araştırıldığı tez çalışmamın herkese faydalı olmasını dilerim.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca deneyim ve bilgileri ile bana yol gösteren ve her konuda desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ'a teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında katkılarından dolayı Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ'e ve eğitimimde emeği geçen ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında manevi destek ve yardımları için Gıda Yük. Müh. Nalan DEMİR, Araş. Gör. Celale Kırgın ve Araş. Gör. Esra DOĞU'ya ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında ve tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim. Çalışmam sırasında her konuda desteklerini hissettiğim kuzenlerim ve yengeme gösterdikleri anlayıştan dolayı teşekkür ederim.

Aralık 2012

Çiğdem KURT
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **V**
İÇİNDEKİLER ..... **Vİİ**
SAYFA ..... **Vİİ**
KISALTMALAR ..... **Xİ**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **Xİİİ**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **XVİİ**
SEMBOL LİSTESİ ..... **XXİ**
ÖZET ..... **XXİİİ**
SUMMARY ..... **XXV**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
2.1 Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceği 3
2.1.1 Ayran benzeri fermente süt içeceklerinin üretim yöntemleri 4
2.1.1.1 Yoğurda su katılarak ayran üretimi 4
2.1.1.2 Süte su katarak ayran üretimi 5
2.2 Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceği 6
2.3 Fermente Süt İçeceğinde Yapısal Kalite ve Etki Eden Faktörler 8
2.3.1 Isıl işlemin fermente süt içeceğinin yapısal kalitesine etkisi 8
2.4 Yeni Teknolojiler 11
2.4.1 Yüksek basınç işlemi 11
2.5 Ultrases İşlemi 13
2.5.1 Ultrases işleminin sınıflandırılması 13
2.5.2 Ultrases sisteminin bileşenleri 15
2.5.3 Ultrases işleminin temel mekanizması 16
2.5.4 Yüksek güçlü ultrases işleminin kullanım alanları 18
2.5.5 Ultrases işleminin süt ve süt ürünlerinde kullanımı 21
3. MATERYAL VE METOT **29**
3.1 Materyal 29
3.2 Yağlı ve Yağsız Sütün Bileşiminin Belirlenmesi 29
3.3 Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Uygulanması 29
3.4 Çalışma Planı 30
3.5 Fermente Süt İçeceklerinin Hazırlanması 31
3.5.1 Yüksek güçlü ultrases işleminin homojenizasyon etkisini belirlemek için kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin hazırlanması 33
3.6 Yüksek Güçlü Ultrases İşlemi Uygulanması ile Üretilen Fermente Süt İçeceklerinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Yapı Özelliklerinin Belirlenmesi 34
3.6.1 Kimyasal özellikler 34
3.6.2 Serum ayrılması 34
3.6.3 Reolojik özellikler 34
3.6.4 Duyusal analiz 35

3.7 İstatistiksel Analiz 35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 37
4.1 Sütün Bileşimi 37
4.2 Ultrases İşleminin Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceği Üretiminde Uygulanması 37
4.2.1 Ultrases işleminin yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi 38
4.2.1.1 Kimyasal özellikler 38
4.2.1.2 Serum ayrılması 40
4.2.1.3 Reolojik özellikler 41
4.2.1.4 Duyusal özellikler 45
4.2.2 Ultrases işleminin yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi 48
4.2.2.1 Kimyasal özellikler 48
4.2.2.2 Serum ayrılması 50
4.2.2.3 Reolojik özellikler 51
4.2.2.4 Duyusal özellikler 54
4.2.3 Ultrases işleminin yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi 56
4.2.3.1 Kimyasal özellikler 56
4.2.3.2 Serum ayrılması 58
4.2.3.3 Reolojik özellikler 60
4.2.4 Ultrases işleminin yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi 64
4.2.4.1 Kimyasal özellikler 64
4.2.4.2 Serum ayrılması 66
4.2.4.3 Reolojik özellikler 67
4.3 Ultrases İşleminin Homojenizasyon Etkisini Belirlemek için Üretilen Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceğinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi ... 70
4.3.1 Kimyasal özellikler 70
4.3.2 Serum ayrılması 72
4.3.3 Reolojik özellikler 73
4.4 Ultrases İşleminin Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceği Üretiminde Uygulanması 76
4.4.1 %25-güçte ultrases işleminin tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi 77
4.4.1.1 Kimyasal özellikler 77
4.4.1.2 Serum ayrılması 80
4.4.1.3 Reolojik özellikler 81
4.4.2 %100-güçte ultrases işleminin tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi 85
4.4.2.1 Kimyasal özellikler 85
4.4.2.2 Serum ayrılması 87
4.4.2.3 Reolojik özellikler 88
4.4.2.4 Duyusal özellikler 90
4.4.3 %25 ve %100-güçte ultrases işleminin tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi 92
4.4.3.1 Kimyasal özellikler 92
4.4.3.2 Serum ayrılması 94
4.4.3.3 Reolojik özellikler 95

4.4.3.4 Duyusal özellikler 98
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 101
KAYNAKLAR 105
EKLER 113
ÖZGEÇMİŞ 143

KISALTMALAR

AOAC **:** Association of Official Analytical Chemists
TS **:** Termosonikasyon
MTS **:** Manotermosonikasyon
β-LG **:** β-Laktoglobülin
α-LA **:** α-Laktalbümin
TGK **:** Türk Gıda Kodeksi
TSE **:** Türk Standartları Enstitüsü
EPS **:** Ekzopolisakkarit
GRAS **:** Generally Recognized As Safe

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 **:** Fermente süt ürünü ve ayranın ürün özellikleri…….….3
Çizelge 2.2 **:** Uzun ömürlü ayranın kimyasal ve fiziksel özellikleri……....6
Çizelge 2.3 **:** Yüksek güçlü ultrases işleminin gıda proseslerinde kullanımı…..…19
Çizelge 4.1 **:** Çalışmada kullanılan pastörize yağlı ve yağsız sütlerin bileşimi..…37
Çizelge 4.2 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri…....…….....43
Çizelge 4.3 **:** Ultrases ve ısıl işlemi uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.....…..52
Çizelge 4.4 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri…...…...61
Çizelge 4.5 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.....…...68
Çizelge 4.6 **:** Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri..…..…..……..……...……75
Çizelge 4.7 **:** %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri……..….…...83
Çizelge 4.8 **:** %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri…….…….89
Çizelge 4.9 **:** %25 ve %100-güçte ultrases işlemi uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri…...…..97
Çizelge B.1 **:** Yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi…..….....116
Çizelge B.2 **:** Yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.……...…...116
Çizelge B.3 **:** Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi…….……...117
Çizelge B.4 **:** Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi……..……..….…117
Çizelge B.5 **:** Yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi..…….....117
Çizelge B.6 **:** Yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi..…….….118
Çizelge B.7 **:** Homojenizasyon etkisi için tuzsuz olarak üretilen kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi……..…..…...…...…….……..……...118

Çizelge B.8 : Yağlı ve tuzlu %25-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi……..……..……..…..…….....118
Çizelge B.9 : Yağlı ve tuzlu %100-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi…..……...……...…..……...……119
Çizelge B.10 : Yağlı ve tuzlu %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi…….……..……...…….119
Çizelge B.11 : Yağlı ve tuzlu %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolamanın 60. günüde duyusal yapı özelliklerine işlemin etkisi…..……...……...…..…….…….119
Çizelge B.12 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi…….……...…..…...…….……...120
Çizelge B.13 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin ...…..……..……..…..…....120
Çizelge B.14 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolamanın 60. günüde duyusal yapı özelliklerine işlemin etkisi.....……....…...…….…….……120
Çizelge C.1 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.……....……..…..……..…..……. ……121
Çizelge C.2 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.……...…..……..…….121
Çizelge C.3 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri ……..…..……...……....…..……..122
Çizelge C.4 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği……..……...……...…..…….……..122
Çizelge C.5 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.……...……...…….....….123
Çizelge C.6 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği..…….……...…..…..…….……123
Çizelge C.7 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri ….……..……....……...……..……..124
Çizelge C.8 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.…..……..……...……..……...124
Çizelge C.9 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.……..…….…….....125

Çizelge C.10 **:** Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği…..…...…...…….125
Çizelge C.11 **:** %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.……...…….……..…....126
Çizelge C.12 **:** %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği……..……...……...……127
Çizelge C.13 **:** %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri……..……..…...……..……128
Çizelge C.14 **:** %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği…..……..…….....……..….129
Çizelge C.15 **:** %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.……...……...…….....130
Çizelge C.16 **:** %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.....……...……....……131
Çizelge D.1 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması…...……...……...……132
Çizelge D.2 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması…...…….....……...132
Çizelge D.3 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması ……...……...……...…..….133
Çizelge D.4 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması.....133
Çizelge D.5 **:** Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması...……...…...……...…134
Çizelge D.6 **:** %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.…...……...…….……..135
Çizelge D.7 **:** %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.…...……...……..136
Çizelge D.8 **:** %25 ve %100-güçte ultrases işlemi ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması……...…….... 137
Çizelge E.1 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri……138
Çizelge E.2 **:** Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri…139

Çizelge E.3 **:** %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.……..……...…….……140
Çizelge E.4 **:** %25- ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.……..…….……141

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yoğurda su katarak ayran üretimi……...……5
Şekil 2.2 : Uzun ömürlü ayran üretim aşamaları……...……...7
Şekil 3.1 : Kısa ömürlü fermente süt içeceği üretim aşamaları……..……32
Şekil 3.2 : Uzun ömürlü fermente süt içeceği üretim aşamaları……...…….33
Şekil 4.1 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği…….....……..……...……..…….39
Şekil 4.2 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması...…….……..……..……40
Şekil 4.3 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi…….……...…….……44
Şekil 4.4 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri: (a) 1. gün. (b) 10. gün. (c) 20. gün……..…....47
Şekil 4.5 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği ….…49
Şekil 4.6 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması……...……..…50
Şekil 4.7 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi……...……...……...……53
Şekil 4.8 : %25-güçte ultrases işlemi uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri: (a) 1. gün. (b) 10. gün. (c) 20. gün…….....55
Şekil 4.9 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği……..…….……... …57
Şekil 4.10 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması…….……..…….58
Şekil 4.11 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi……..……..…….……..……...…63

Şekil 4.12 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği ……..……..65
Şekil 4.13 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması……..…66
Şekil 4.14 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi……...…....……...69
Şekil 4.15 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği……...……..…71
Şekil 4.16 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması ..……..…72
Şekil 4.17 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi…….…..…..76
Şekil 4.18 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği.. …….…….79
Şekil 4.19 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması……..……...……...……...81
Şekil 4.20 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi…….……..……..……...84
Şekil 4.21 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği ...….....……...86
Şekil 4.22 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması…….……..……...……..87
Şekil 4.23 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi……...……..……..……...90
Şekil 4.24 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri: (a) 1. gün. (b) 30. gün. (c) 60. Gün...91
Şekil 4.25 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri: (a) pH. (b) Titrasyon asitliği …....93
Şekil 4.26 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması……..……..……..…...95
Şekil 4.27 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlemi uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi……..……..……....…98

Şekil 4.28 : %25- ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri: (a) 1. gün. (b) 30. gün. (c)60. Gün..100

SEMBOL LİSTESİ

G' **:** Elastik modülüs
σ **:** Kayma gerilimi
γ **:** Kayma hızı
k **:** Kıvam katsayısı
n **:** Akış davranış indeksi

YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN FERMENTE SÜT İÇECEĞİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Ayran gibi fermente süt içecekleri fonksiyonel özellikleri ve serinletici etkisi sebebiyle yaz aylarında tüketimi artan ürünlerdir. Dünyada ise vili, doogh, buttermilk gibi fermente ürünler şeker, meyve şurubu, aroma maddeleri ve renklendirici ilavesi ile üretilmektedir. Bu ürünlerdeki en önemli yapısal kalite problemleri viskozitenin düşük olması ve serum ayrılmasıdır. Özellikle yağsız ürünlerde bu sorunlar daha fazla gözlenmektedir. Bu ürünlerin üretiminde süte yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanması ile serum proteinleri denatüre edilmekte ve bunlar asit etkisiyle destabilize olan kazeinlerle birleşmekte ve pıhtı oluşumu gerçekleşmektedir. Bu yapıya homojenizasyon sonucu boyutu küçülen yağ globülleri de katılarak yapı güçlendirilmektedir. Son ürüne ısıl işlem uygulanması ile uzun ömürlü fermente süt içecekleri üretilebilmektedir. Bu ürünlerde stabilizör madde ilavesi ile yapısal sorunlarda iyileşme sağlanabilmektedir. Ancak stabilizörün katkı maddesi olarak değerlendirilmesi ve yüksek sıcaklıkta ısıl işlemin gıdalarda besin kayıplarına yol açması, tat ve renk değişimi, maliyetinin fazla olması ve tüketicin daha az işlem görmüş, daha doğal ve katkı maddesi ilavesi olmayan ürünlere olan eğilimleri gibi sebeplerle yeni ısıl olmayan teknolojiler geliştirilmektedir. Son yıllarda bu yeni teknolojilerden fermente ürünler alanında en çok araştırılanları yüksek basınç ve ultrases işlemidir.

Bu çalışmanın amacı, yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde süte uygulanan ısıl işlem yerine, uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde ise ürünün pastörizasyonu için uygulanan ısıl işlem yerine kullanıldığında ürünün fiziksel özelliklerine etkisini belirlemektedir. Ayrıca yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde sütün homojenizasyonu amacıyla kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek güçlü ultrases işleminde 400 W maksimum güçte ve 24 kHz sabit frekansta ultrases sağlayan bir cihaz ve 22 mm çapında 100 μm maksimum genlik ve 85 W/cm^2 maksimum akustik güç yoğunluğu sağlayan titanyum prob kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında kısa ömürlü fermente süt içeceği pastörize ve homojenize yağlı ve yağsız sütten tuzlu ve tuzsuz olmak üzere 4 farklı bileşimde hazırlanmıştır. Bu aşamada pastörize ve homojenize sütlere farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürelerde (10-30 dk) ultrases işlemi uygulanmıştır. Kontrol örneği olarak yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (85°C-30dk) uygulanmış bir örnek hazırlanmıştır. Örneklerin buzdolabı sıcaklığında depolama boyunca kimyasal ve fiziksel özellikleri ölçülerek işlem etkisi belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, geleneksel homojenizasyon (5-15 MPa basınç ile 60°C sıcaklık) ve ultrases işlemi ile homojenize edilen (%25-100güç-50°C-10dk) sütlerde fermente süt içecekleri hazırlanmış ve örneklerin depolama boyunca kimyasal ve fiziksel özellikleri ölçülerek karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında ise pastörize homojenize yağlı süt kullanılarak uzun ömürlü fermente süt içeceği tuzlu ve tuzsuz olarak üretilmiştir. Fermente süt içeceklerine farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürelerde (10-30 dk) ultrases işlemi uygulanmıştır. Kontrol örneği olarak ısıl işlem (70°C-10dk) uygulanmış bir örnek hazırlanmıştır. Isıl işlem ve yüksek güçlü ultrases uygulanan örneklerin depolama boyunca kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenerek karşılaştırılmıştır.

Kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin pH değerinde depolama boyunca azalma gözlenirken asitlik ve serum ayrılması değerlerinde artış gözlenmiştir. Pastörize homojenize yağlı sütten tuzlu olarak hazırlanan fermente süt içecekleri arasında depolama sonunda en düşük pH değeri ve en yüksek asitlik ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Depolama sonunda ısıl işlem ve 60°C sıcaklıkta ultrases uygulanan örneklerin serum ayrılması benzer bulunmuştur. Isıl işlem ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin reolojik özellikleri benzer bulunmuştur. En yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı %100güç-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örnekte saptanmıştır. Duyusal analizlerde ise ısıl işlem ve 60°C sıcaklıkta ultrases uygulanan örneklerin kıvamı arasında bir farklılık bulunmamıştır. Parçacıklı yapı, parçacık büyüklüğü, beyazlık ve parlaklıkta ise işlemler arasında farklılık saptanmamıştır. Tuzsuz olarak hazırlanan örneklerde yapılan analizlerde tuzlu örneklerle elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar bulunmuştur. Yağsız kısa ömürlü fermente süt içecekleri üretiminde süte ultrases uygulanması ısıl işleme yakın fiziksel özellikler sağlayamamıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, yüksek güçlü ultrases işlemi ile homojenize edilen sütten ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen fermente süt içeceklerinin depolama sonrası pH değerleri, titrasyon asitlikleri ve meydana gelen serum ayrılması benzer bulunmuştur. Geleneksel homojenizasyon ve %25güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin reolojik özellikleri benzer bulunmuştur.

Çalışmanın son aşamasında, ısıl işlem ve 60°C'de ultrases uygulanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin pH ve asitlik değerlerinde depolama boyunca önemli bir değişim saptanmamıştır. Örneklerin serum ayrılması değerlerinde depolama boyunca artış saptanmıştır. Ultrases işleminin 60°C'de uygulandığı örneklerin serum ayrılması değerleri ve reolojik özellikleri ısıl işlem uygulanan örneğinkilere yakın bulunmuştur. Duyusal analizlerde kıvam, beyazlık ve parlaklık açısından örnekler benzer bulunurken, ısıl işlem uygulanan örneğin parçacıklı bir yapı ve parçacık büyüklüğü puanlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

EFFECT OF HIGH POWER ULTRASOUND TREATMENT ON PHYSICAL PROPERTIES OF FERMENTED MILK BEVERAGE

SUMMARY

Fermented milk beverages such as ayran are products with functional and refreshing properties and their consumption is increased in summer months. Other similar fermented milk beverages such as vili, doogh, buttermilk are also popular in the world. Unlike ayran, these products may contain sugar, fruit syrup, sweeteners, aroma compounds and colorings. In this type of products, major physical quality defects are unacceptable viscosity and serum separation. Especially, in non-fat types these defects are observed. To control these problems, heat treatment at high temperature is applied to milk in their manufacture. Whey proteins are denatured with this treatment and they interact with casein. In addition, the fat particles which are reduced in size by the homogenization also support this structure. Furthermore, these defects are prevented by adding stabilizers. However, adding stabilizer is not desired by the consumers and high temperature heat treatment might have adverse effects such as the loss of nutrientsand it increases the cost. As a result, new non-thermal technologies are being developed. In recent years, the most widely researched new technologies for fermented milk products are high pressure and ultrasound treatments. High pressure and high power ultrasound applications have the potential to improve the structural properties of these products. High-intensity ultrasound is used to modify a process or a product and applied at low frequencies (20-100 kHz) and high power levels (10-1000 W/cm^2).

Short shelf life fermented milk beverages are produced by application of heat treatment at 85-90°C for 30-5 minutes to milk. Long-life fermented milk beverages are produced by application of an additional heat treatment for pasteurization of the fermented milk beverage. A stabilizer is added for prevention of physical problems after pasteurization. The objective of this study is to investigate the effect of use ofhigh power ultrasound in place of heat treatment on physical properties of short and long shelf life fermented milk beverages. In addition, we investigated the usage potential of high power ultrasound as an alternative to homogenization treatment applied to milk in production of short shelflife fermented milk beverages.

Ultrasound treatment was carried out with an ultrasonic processor with maximum power of 400 W and frequency of 24 kHz. A probe with 22 mm tip diameter and maximum amplitude of 100 μm was used. Ultrasound treatment was applied to milk or beverage at different power (25-100%), temperature (20-60°C) and time intervals (10-30 min).

In the first stage of the study, short shelf life fermented milk beverages were produced with pasteurized homogenized whole and skim milk as salted and unsalted. High temperature heat treatment (85°C-30min) was applied to milk in production of control samples for comparison. In the second stage, short shelf life fermented milk beverages were produced by application of ultrasound homogenization to whole milk

at power levels of 25 and 100% at 50°C for 10 min. A control sample homogenized with conventional pressure homogenization (5-15 MPa, 60°C). In the final stage of study, long life fermented milk beverages were produced from pasteurized homogenized whole milk by application of ultrasound treatment after fermentation. Long life fermented milk beverages were prepared with adding of salt or unsalted. A control sample pasteurized with heat treatment (70°C-10min) was produced for comparison. Short shelf life fermented milk beverages were stored for 30 days and long-life fermented milk beverages were stored for 60 days at 4°C. pH, titratable acidity, serum separation, rheological and sensory properties of all the samples were determined. Control samples and samples treated with ultrasound were compared.

In the first stage of the study, short shelf life fermented milk beverages were prepared from whole milk. The salted short shelf life fermented milk beverage treated with heat (85°C-30 min) had the lowest pH and the highest titratable acidity at the end of storage. The samples treated with ultrasound at 25-100% power level at 60°C for 10-30 min had similar pH value, serum separation and titratable acidity to those of the heat-treated sample at the end of storage. The sample treated with heat (85°C-30 min) had similar apparent viscosity to that of the sample treated with ultrasound at 25% power level at 60°C for 10 min. The sample treated with ultrasound at 100% power level at 60°C for 30 min had the highest apparent viscosity and consistency coefficient. There was no difference between flow behavior index of the samples treated with heat (85°C-10 min) and ultrasound at 60°C. All of the samples exhibited thixotropic and pseudoplastic behavior. In sensory analysis, no difference was found between consistencies of the samples treated with heat and ultrasound at 60°C. Particulated structure, particle size, whiteness and brightness of all samples were similar.

The unsalted short shelf life fermented milk beverages were prepared from whole milk. The unsalted short shelf life fermented milk beverage treated with heat (85°C-30 min) had the lowest pH and the highest titratable acidity at the end of storage. There was no difference between serum separation of the sample treated with ultrasound at 25% power level at 60°C for 10 min and that of the heat-treated sample at the end of storage. There was no difference between the rheological properties of the samples treated with heat (85°C-10 min) and ultrasound at 25% power level at 60°C for 10 min. All of the samples exhibited thixotropic and pseudoplastic behavior. In sensory analysis, there was no difference between consistencies of the sample treated with heat (85°C-10 min) and ultrasound at 60°C. Particulated structure, particle size, whiteness and brightness of all samples were similar. The salted and unsalted full fat short shelf life fermented milk beverages treated with ultrasound and heat had similar physical properties.

The short shelf life fermented milk beverages were prepared from skim milk with adding of salt or unsalted. There was no difference between pH value and titratable acidity of the salted and nonfat short shelf life fermented milk beverages treated with ultrasound and heat (85°C-30 min) at the end of storage. In the unsalted and nonfat fermented milk beverages, the sample treated with heat had the lowest pH and the highest titratable acidity at the end of storage. The salted and unsalted nonfat fermented milk beverages treated with heat had the lowest serum separation at the end of storage. The salted and unsalted nonfat fermented milk beverages treated with ultrasound had the most serum separation at the end of storage. The salted and unsalted nonfat fermented milk beverages treated with heat had the best rheological properties between all the samples. The nonfat fermented milk beverages treated

with ultrasound had the lowest apparent viscosity and consistency coefficient. All of the samples exhibited thixotropic and pseudoplastic behavior. The salted and unsalted nonfat samples treated with ultrasound had not similar physical properties of the samples treated with heat.

In the second stage of the study, the unsalted samples homogenized with ultrasound treatment and conventional presseure treatment were prepared. There was no difference between pH values, titratable acidity and serum seperation of the short shelf life fermented milk beverages homogenized with ultrasound at 25- 100% power level at 50°C for 10 min and pressure treatment at the end of storage. The samples homogenized with ultrasound at 100% power level at 50°C for 10 min had the highest apparent viscosity and consistency coefficient. There was no difference between apparent viscosity, consistency coefficient and flow behavior index of the sample homogenized with ultrasound at 25% power level at 50°C for 10 min and pressure-treated sample. All of the samples exhibited thixotropic and pseudoplastic behavior.

In the last stage of the study, long life fermented milk beverages were prepared from whole milk with adding of salt or unsalted. The salted long life fermented milk beverages treated with ultrasound at 25% power level at 60°C for 10-30 min had similar pH values and titratable acidity to those of the samples treated with heat (70°C-10 min) after 30 days of storage. At the end of storage, the salted samples treated with ultrasound at 25% power level had similar pH values and titratable acidity to those of the heat-treated sample. There was no difference between pH values and titratable acidity of the salted long shelf life fermented milk beverages treated with heat and those of the samples treated with ultrasound at 100% power level at the end of storage. There was no difference between pH values and titratable acidity of the unsalted samples treated with heat and those of the samples treated with ultrasound at 25-100% power level at 60°C for 10 min at the end of storage. The unsalted samples treated with ultrasound at 25% power level at 20°C for 10 min had the lowest pH and the highest titratable acidity. The sample treated with ultrasound at 100% power level at 20°C for 10 min had similar pH value and titratable acidity to those of this samples. The salted and unsalted long life fermented milk beverages treated with heat and ultrasound at 25-100% power level at 60°C for 10-30 min had the lowest serum separation at the end of storage. The salted and unsalted long life fermented milk beverages with ultrasound at 25-100% power level at 20°C for 10-30 min had the highest serum separation after storage. The salted and unsalted long-life fermented milk beverages treated with heat had the highest apparent viscosity. The salted samples treated with ultrasound at 25-100% power level at 60°C had similar rheological properties to those of the heat-treated salted samples. The unsalted samples treated with ultrasound at 25-100% power level at 60°C had the closest rheological properties to those of the heat-treated unsalted samples. The salted and unsalted long life fermented milk beverages with ultrasound at 25-100% power level at 20°C for 10-30 min had the lowest apparent viscosity and consistency coefficient. All of the samples exhibited thixotropic and pseudoplastic behavior. In sensory analysis, the salted and unsalted samples treated with heat and ultrasound were found to have similar consistency, whiteness and brightness. The salted and unsalted long life fermented milk beverages treated with heat had the largest particle size and the most particulated structure. The salted and unsalted long life fermented milk beverages treated with ultrasound at 60°C and heat had similar physical properties.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, insanların beslenmesinde önemli bir yeri olan yoğurdun tüketim şekillerinden biri olan ayran, özellikle yaz aylarında yoğun olarak tüketilmektedir. Dünyada ise aroma maddeleri, tatlandırıcı, renklendirici, meyve şurubu gibi maddelerin ilavesi ile buttermilk, vili, doogh, surmjölk, tatmjölk gibi fermente ürünler üretilmektedir. Ayrıca, ürünün dayanımını artırmak amacıyla fermente içeceklere ikinci bir ısıl işlem uygulanmaktadır ve stabilizör ilavesi ile yapısal kusurlar azaltılarak uzun ömürlü fermente süt içeceği üretimi gerçekleştirilmektedir.

Fermente süt içeceklerinde en önemli yapısal kusurlar serum ayrılması ve viskozitenin düşük olmasıdır (Koçak ve Avşar, 2010; Köksoy ve Kılıç, 2004; Tamuçay-Özünlü, 2005). Bu sorunlar üzerine asitlik, homojenizasyon, kuru madde miktarı, inkübasyon sıcaklığı gibi birçok faktör etkili olsa da en önemli faktör süte uygulanan ısıl işlemdir (Koçak ve Avşar, 2010; Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010c; Lee ve Lucey, 2004; Özdemir ve Kılıç, 2004). Bu yapısal sorunlar kuru madde oranı düşük olan yağsız ürünlerde daha fazla gözlenmektedir (Özen ve Kılıç, 2009). Yapısal sorunların azaltılması süte yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanması ile denatüre olan serum proteinleri ve asit etkisiyle destabilize olan kazeinlerin oluşturduğu ağ yapıya dayanmaktadır. Bu ağ yapıya boyutu küçülen yağ globüllerinin katılması ile yapı güçlenmekte serum ayrılması azalırken viskozite artmaktadır. Ancak serum proteinlerinde >%85-90 oranında denatürasyon sağlayabilmek için fermente ürünlerde uygulanan ısıl işlem normunun 85-90°C/20-30dk veya 90-95°C/5-10dk olması gerektiği bildirilmiştir (Sezgin, 2010; Tamime ve Robinson, 1999). Sıcaklığın artması ürünlerin besin değerlerindeki kayıpları artırmakta ve üretim maliyetinde artışlara sebep olmaktadır. Katkı olarak değerlendirilen stabilizör ilavesi ile ise yapısal sorunlar azaltılabilmektedir (Köksoy ve Kılıç, 2004; Atamer ve diğ,1999; Güven, 1998).

Günümüzde tüketicilerin daha az işlenmiş, doğala en yakın, katkı ilavesiz ürünlere doğru yönelmesi araştırıcıları yeni teknolojilere yönlendirmiştir. Fermente ürünler üzerine en çok araştırılan yeni teknolojiler ise yüksek basınç ve ultrases işlemidir.

Yüksek basınç uygulamalarının homojenizasyon etkinliği, serum proteinlerini denatüre etme özellikleri, mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyondaki etkinliklerinin ürünün özelliklerine, uygulanan basınca ve çevresel faktörlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (Kınık ve diğ, 2004). Serum proteinlerinin 100-400 MPa basınçta denatüre edilebileceği (Huppertz ve diğ, 2006) ve yüksek basınç uygulaması ile ısı uygulamalarında sağlanan denatürasyonun sağlanabildiği belirlenmiştir (Considine ve diğ, 2007). Farklı yağ oranlarındaki yoğurtlar ile yapılan çalışmalarda yüksek basınç homojenizasyon uygulamalarının geleneksel ısıl işlem ile kıyaslandığında yoğurdun su tutma kapasitesini artırdığı, sinerezisin azaltıldığı ve jelin sertliğinin arttığı bildirilmiştir (Serra ve diğ, 2007; 2009; Harte ve diğ, 2003).

Ultrases işleminin ürünün yapısında fizikokimyasal değişimler meydana getirebilmesi için yüksek güçte ve düşük frekanslarda çalışılması gerekmektedir (Ashokkumar ve diğ, 2010; Awad ve diğ, 2012). Yüksek güçlü ultrases işleminin süt ürünlerinde enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon, homojenizasyon, serum proteinlerinin denatüre edilmesi gibi etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Ashokkumar ve diğ, 2010; Riener ve diğ, 2008;2010; Bermudez-Aguirre ve diğ, 2008;2009b; Villamiel ve de Hong, 2000; Wu ve diğ, 2001). Ancak ultrasesin diğer yöntemlerle kombine (sıcaklık, basınç gibi) halde kullanıldığında etkinliğinin arttığı bildirilmiştir (Demirören ve Baysal, 2009). Yüksek basınç ve ultrases işleminin süt ve süt ürünlerinde kullanımı üzerine yapılan çalışmalar protein karışımları, süt ve yoğurt ile sınırlı kalmıştır. Literatürde fermente süt içeceklerinin yapısal kusurları üzerine ultrases işleminin etkisini araştıran bir çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın ilk aşamasında pastörize homojenize sütlere yüksek sıcaklıkta ısıl işlem ve yüksek güçlü ultrases işlemi uygulanması ile üretilen kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada ise yüksek güçlü ultrases işlemi ve geleneksel yöntem ile homojenize edilen örneklerin fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın son aşamasında uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde ürünün pastörizasyonu için ısıl işlem ve yüksek güçlü ultrases uygulanan örneklerin fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Böylece ultrases işleminin fermente süt içeceklerinde kullanılan ısıl işlemler yerine kullanılabilirliği ve fiziksel özelliklerin depolama süresince değişimi belirlenmiştir. Ayrıca ultrases işleminin homojenizasyon amacıyla fermente süt içeceklerinde kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceği

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde (Anon., 2009), fermente süt ürünü, "sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda, canlı ve aktif olarak bulunduran süt ürünü" şeklinde tanımlanmaktadır.

Geleneksel kısa ömürlü fermente süt içeceğimiz olan ayran ise Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde (2009), "yoğurda su katılarak veya kuru maddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un kültürleri kullanılarak hazırlanan fermente süt ürünü" olarak tanımlanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi (2009)'ne göre ayranda en fazla %1 tuz bulunmalıdır ve yağ oranlarına göre ayran tam yağlı (süt yağı≥%1,8), yarım yağlı (%1,2>süt yağı≥%0,8) ve yağsız (süt yağı≤%0,5) olarak üç gruba ayrılmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi (2009)'de fermente süt ürünü ve ayranın kuru madde içeriği belirtilmemişken ürün özellikleri belirtilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 : Fermente süt ürünü ve ayranın ürün özellikleri (Anon., 2009).

Özellik	Fermente süt ürünü	Ayran
Süt proteini (Ağırlıkça %)	En az 2,7	En az 2,0
Süt yağı (Ağırlıkça %)	En fazla 10	-
Titrasyon asitliği (Ağırlıkça % laktik asit)	En az 0,3	En az 0,5-En fazla 1,0
Toplam spesifik mikroorganizma (kob/g)	En az 10^7	En az 10^6
Etikette belirtilen toplam ilave mikroorganizma (kob/g)	En az 10^6	En az 10^6

Dünyada da ayran benzeri fermente süt içecekleri üretilmekte olup literatürde laktik içecekler ve yoğurt içeceği olarak geçmektedir. Bu ürünler, ayrandan farklı olarak tüketici beğenisini artırmak amacıyla aroma, tatlandırıcı ve renk maddeleri veya meyve şurupları ilave edilerek üretilmektedir. Bazılarının üretiminde yoğurt

bakterilerinin yanı sıra diğer laktik asit bakterileri ve probiyotik bakterilerden de yararlanılmaktadır (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010c; Koçak ve Avşar, 2009; Oliveira ve diğ, 2002). İran'da doogh, Hindistan'da lassi ve dahi, Avrupa ve Amerika'da buttermilk ve Irak'da mast ve laban/leben dünyada üretilen yoğurt benzeri fermente süt içecekleri örnekleridir (Mehta ve Oliveira, 2012; Walstra ve diğ, 2005; Yıldız, 2009) .

2.1.1 Ayran benzeri fermente süt içeceklerinin üretim yöntemleri

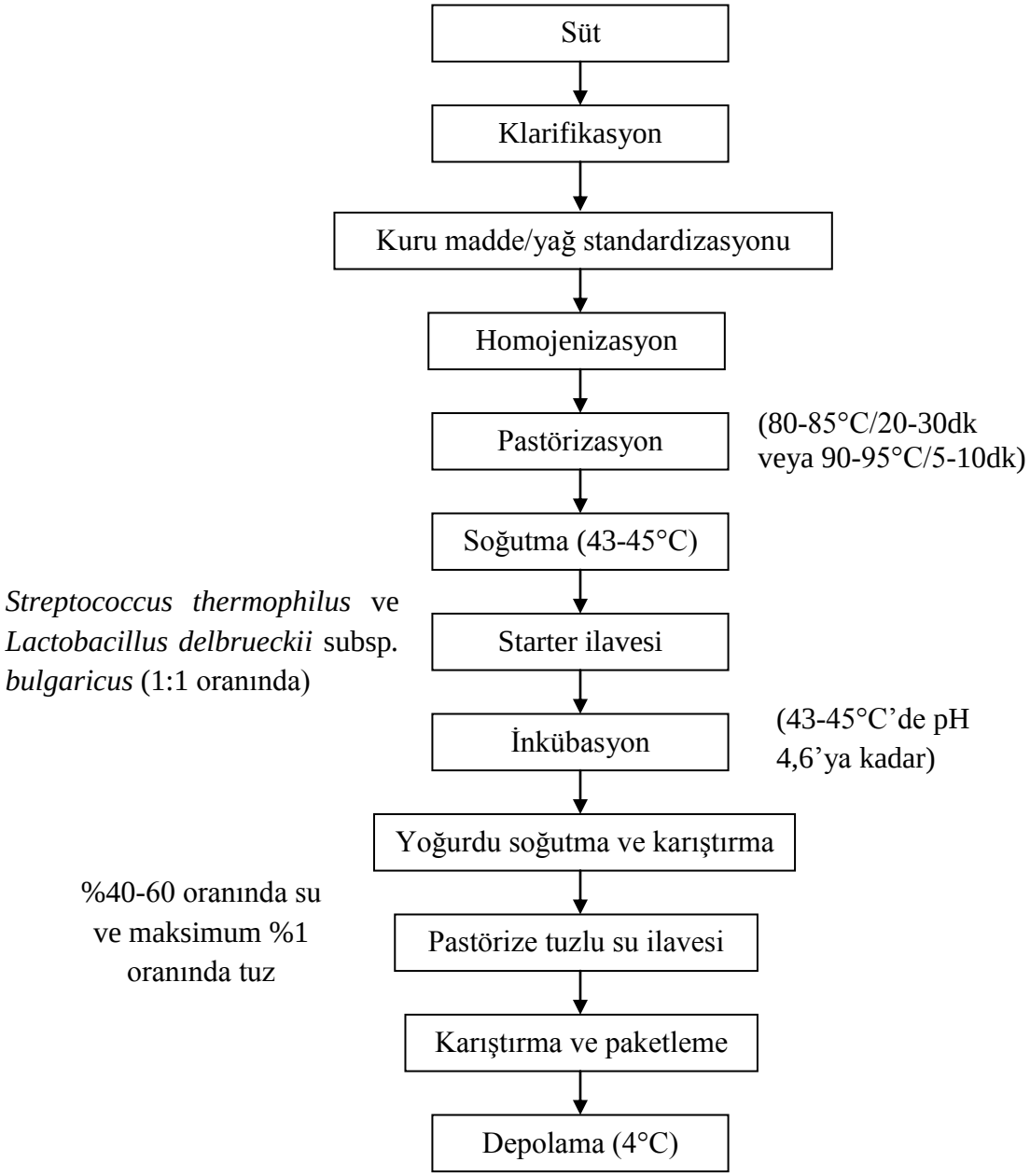
Ayran, geleneksel olarak yoğurda içilebilir nitelikte su ve tuz veya endüstriyel olarak ise süte içilebilir nitelikte su ve yoğurt bakterileri ve fermentasyon işleminden sonra tuz ilavesi ile tekniğine uygun olarak üretilen fermente bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (Köksoy ve Kılıç, 2004; Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010c).

Yoğurda su ve tuz katarak gerçekleştirilen ayran üretim yöntemi Şekil 2.1'de verilmiştir ve süte su katarak gerçeklertirilen üretim ise Bölüm 2.1.1.2'de açıklanmaktadır (Sezgin, 2010; Özer, 2009; Yıldız, 2009).

Bu iki üretim metodunun ayranın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada elde edilen sonuçlar üretim metotlarının ayranın genel bileşimi ve tüketici beğenisi üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını göstermiştir. Ancak yoğurda su katılarak üretilen ayranların asetaldehit içeriklerinde ve *Streptococcus thermophilus* içeriğinde diğer metoda göre azalma olduğu belirlenmiştir (Koçak ve diğ, 2006).

2.1.1.1 Yoğurda su katılarak ayran üretimi

Bu yöntemde, sütten elde edilen yoğurt inkübasyon periyodundan sonra karıştırılmakta, soğutulmakta ve pastörize su ile seyreltilmektedir. Ayrıca bu ürüne aroma kazandırmak amacı ile belirli oranda tuz (maksimum %1 oranında) ilave edilmektedir. Üretilen ayranlar, aseptik koşullar altında ambalaj materyallerine doldurulmakta ve depolanmaktadır (Şekil 2.1) (Sezgin, 2010; Yıldız, 2009).



Şekil 2.1 : Yoğurda su katarak ayran üretimi.

2.1.1.2 Süte su katarak ayran üretimi

Bu yöntemde, süte başlangıç aşamasında su ilave edilerek düşük kuru maddeli süte homojenizasyon, pastörizasyon (80-85°C/20-30dk veya 90-95°C/5-10dk), soğutma (43-45°C) ve starter ilavesi, inkübasyon, tekrar bir soğutma ve ardından da maksimum %1 oranında tuz ilavesi ile karıştırılarak ayran üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde hazırlanan ayranlar aseptik koşullar altında ambalaj materyallerine doldurulmakta ve depolanmaktadır (Sezgin, 2010; Koçak ve Avşar, 2009).

2.2 Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceği

Ayran gibi fermente süt içeceklerinde depolama sırasında laktik asit bakterilerinin faaliyeti sonucu artan asitlik ve küf/maya gelişimi raf ömrünü kısıtlayan bozulma mekanizmalarıdır. Bu nedenle bu ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla son ürüne ısıl işlem uygulanmaktadır. Ancak ısıl işlem protein agregasyonuna sebep olarak pıhtılı, partiküllü bir yapıya ve serum ayrılmasına sebep olmaktadır. Yapıyı iyileştirmek amacıyla bu tip ürünlerde stabilizörler kullanılmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi'nde uzun ömürlü ayran ile ilgili bir tebliğ bulunmamakla birlikte Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde "fermentasyonu ısıl işlemle durdurulmuş süt ürünü" olarak tanımlanmaktadır (Anon., 2009). Bu ürünün üretiminde jelatin ve nişasta kullanımına izin verilmektedir (Anon., 2009).

TS 6800 Uzun Ömürlü Ayran Standardı (2003)'nda " TS 3810 Kısa Ömürlü Ayran Standardı'na uygun olarak üretilen ayrana, katkı maddesi ilave edildikten sonra homojen hale getirilen ve fermentasyon işlemi ısıl işlemle durdurularak tekniğine uygun olarak üretilen, oda sıcaklığında (20°C±2°C) en az 30 gün veya soğukta (4°C±1°C) en az 60 gün kendine özgü renk, tat, koku, kıvam ve görünümünü koruyabilen fermente bir süt ürünü" olarak tanımlanmaktadır. Uzun ömürlü ayranda koliform bakteri, *E. coli*, küf/mayanın hiç bulunmaması gerektiği ve uzun ömürlü ayranın fiziksel ve kimyasal özellikleri TS 6800 (2003)'da belirtilmiştir (Çizelge 2.2).

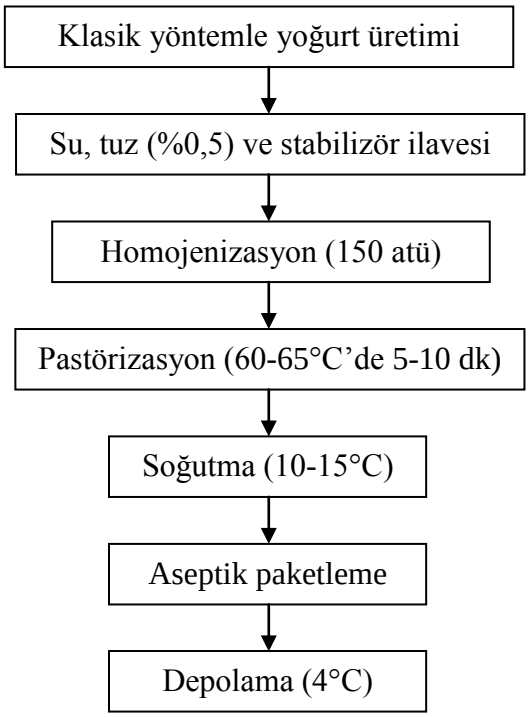
Çizelge 2.2 : Uzun ömürlü ayranın kimyasal ve fiziksel özellikleri (TSE,2003).

Özellikler	**Değer**		
	Tam yağlı	**Yarım yağlı**	**Yağsız**
Kuru madde (yağsız), % (m/m), en az	6,0	6,0	6,0
Yoğunluk, g/ml, en az	1,02	1,02	1,02
Titre edilebilir asitlik, laktik asit, % (m/m)	0,6-1,6	0,6-1,6	0,6-1,6
Tuz (NaCl), % (m/m), en çok	1	1	1
Yağ, % (m/m)	En az 1,5	En az 0,8	En çok 0,15

Uzun ömürlü ayran üretiminde, stabilizör olarak karboksimetil selüloz, karragenan ve pektin gibi hidrokolloidler kullanılabilmektedir. Stabilizörler, fermente süt ürünlerinde konsistens ve viskoziteyi artırmak, serum ayrılmasını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Stabilizörler, yapılarındaki negatif yüklü grupların yer alması veya bileşimlerinde bulunan tuzun Ca^{++} iyonlarını bağlama gücü sayesinde, süt bileşenleriyle kendi molekülleri arasında bir ağ yapısı oluşturarak işlevlerini yerine

getirmektedirler (Atamer ve diğ, 1999). Kullanılan stabilizörün niteliğine bağlı olarak, stabilizörlerin ayran üretiminin farklı aşamalarında katımı mümkün olmaktadır. Stabilizörler yoğurt üretimi sırasında ön ısıtma işlemini takiben süte katılabileceği gibi stabilizörün çeşidine göre yoğurdun pH'sı arzulanan düzeye ulaştıktan sonra sulandırma aşamasında da katılabilmektedir (Sezgin, 2010).

Uzun ömürlü ayran üretiminde; stabilizör protein stabilizasyonunu, ısıl işlem ise bakteri redüksiyonunu sağlamakta ve dolayısıyla depolama süresince asitlik gelişimi ve serum ayrılması engellenmektedir (Şeker, 2008; Atamer ve diğ, 1999). Uzun ömürlü ayran üretimi Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 : Uzun ömürlü ayran üretim aşamaları (Sezgin, 2010; Atamer ve diğ, 1999).

Atamer ve diğ. (1999)'nin dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanımı araştırdıkları bir çalışmada %0,2, %0,4,%0,6 ve %0,8 pektin ilavesi ile üretilen ayranlarda pektin ilavesinin pH ve laktik asit üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtilmiştir. %0,4-0,8 pektin kullanımın serum ayrılmasını engellediği ve yapının daha düzgün olduğu saptanmıştır. Pektin kullanım oranlarındaki artışa bağlı olarak ürünlerin viskozitesi de artış göstermiştir. Duyusal analize göre ise en çok %0,6 pektin ilaveli örnek beğenilmiştir.

Bir başka araştırmada, son ürüne ısıl işlem uygulanması, pektin ilavesi, homojenizasyon uygulanmasına ve ürünün depolama sıcaklığına bağlı olarak uzun ömürlü içilebilir yoğurt ve buttermilk üretilebileceğini bildirilmiştir. Pektinin serum ayrılmasını engellemede propilen glikol aljinattan ve karboksimetil selülozdan daha etkili olduğu, stabilizör ilavesinin viskozitede artışa ve serum ayrılmasında azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada hazırlanan ürünlerin raf ömrü 20 hafta olarak belirlenmiştir (Foley ve Mulcahy, 1989).

2.3 Fermente Süt İçeceğinde Yapısal Kalite ve Etki Eden Faktörler

Ayran gibi içilebilir nitelikteki fermente süt ürünlerinin yapısal kalitesine etki eden faktörlerin başında viskozitenin düşük olması ve depolama sırasında meydana gelen serum ayrılması gelmektedir. Serum ayrılması ısı uygulanması ve asitlik gelişimi ile kolloidal stabilitesi bozulmuş olan süt proteinlerinin, özgül ağırlık farkı ve yer çekimi kuvvetinin etkisiyle, içinde bulundukları serumun tabanına doğru çökmeleri olarak tanımlanmaktadır (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010b). Viskozite ise akışkanların akmaya karşı gösterdikleri dirençtir ve akışkan gıdaların reolojik özelliklerini belirlemektedir (Bourne, 2002).

Fermente süt ürünlerinin üretimi sırasında jel yapının oluşumuna, kazein kompleksinin asit etkisiyle destabilizasyonu ve serum proteinlerinin 80°C üzerindeki sıcaklıklarda denatürasyonu sonucunda bu iki protein arasında meydana gelen interaksiyonlar neden olmaktadır. Bu etkiler sonucunda meydana gelen en önemli interaksiyon κ-kazein ve β-laktoglobulin (β-LG) interaksiyonudur. Ayrıca β-LG ile α-laktalbümin (α-LA), β-LG ile α-kazein, α-LA ile κ-kazein, serum albumini ile κ-kazein, immunoglobulin ile κ-kazein arasında da reaksiyonlar meydana gelmektedir (Tamuçay-Özünlü, 2005). Bu şekilde proteinlerin pıhtılaşması ile meydana gelen ağ yapıya yağ globülleri, çözünmüş bileşikler girmekte ve pıhtının stabilitesi artmaktadır (Tamime ve Robinson, 1999). Ancak fermente içecek üretimi sırasında uygulanan mekanik etki sonucunda jel yapı bozulmakta ve üründe serum ayrılması ve viskozite düşüklüğü sorunlarına sebep olmaktadır.

2.3.1 Isıl işlemin fermente süt içeceğinin yapısal kalitesine etkisi

Fermente süt ürünlerinde ısıl işlem patojen mikroorganizmaların imhası, ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen diğer mikroorganizmaların büyük çoğunluğunu

imha ederek ürünün kalite muhafazasını sağlamak, sütte doğal olarak bulunan enzimlerin inaktivasyonunu sağlamak, yoğurt starter kültürleri için uygun ortam sağlamak ve süt bileşenlerinin fizikokimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirmek amacıyla uygulanmaktadır (Sezgin, 2010). Ayrıca ısıl işlem ile kazeinlerin kısmı hidrolizi ile çözünebilir nitrojen miktarı artmaktadır ve starter kültürün asit üretiminde artışa sebep olabilmektedir (Mehta ve Oliveira, 2012). Yine ısıl işlem ile proteinlerden aminoasitlere yıkımı ve sütten oksijenin ayrılması ile starter bakterilerin gelişimi teşvik edilmektedir (Robinson ve diğ, 2006). Ancak fermente ürün üretimindeki en önemli endüstriyel basamak karakteristik pıhtı stabilitesi için serum proteinlerinin >%85-90 oranında denatürasyonunun sağlanmasıdır (Sezgin, 2010).

Yapılan bir çalışmada, süte üç farklı ısıl işlem (75, 85 ve 95°C'de 5'er dk) uygulanmasının ayranların fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine olan etkisi 14 günlük depolama boyunca incelenmiştir. Farklı ısıl işlem sıcaklıklarının örneklerin pH, titrasyon asitliği, laktik asit, tat-aroma ve kıvam gibi özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamışken viskozite ve serum ayrılması üzerine 3 farklı işlemin etkisi önemli bulunmuştur. 95°C ve 5 dk ısıl işlem uygulanan örnek en az serum ayrılması ve en yüksek viskozite değerlerine sahip olmuştur. Bu etkinin serum proteinlerinin denatürasyon oranına ve κ-kazein ile β-LG arasındaki interaksiyona bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010c).

Serum proteinleri ve kazein arasındaki interaksiyon üzerine ısıl işlemin etkisinin incelendiği bir çalışmada sıcaklığın 80°C'ye çıkmasıyla serum proteinlerinin %90 oranında denatüre olduğu ve denatüre serum proteinlerinin çoğunun kazein miselleri ile interaksiyona girdiği belirlenmiştir (Lucey ve diğ, 1998). Isıl işlem uygulanmamış sütlerin ısıl işlem uygulanan sütlerden düşük bir jelleşme kapasitelerine sahip oldukları ve asit jelinin oluşumunda serum proteinlerinin belli oranlarda denatürasyonunun önemli olduğu belirlenmiştir (Lucey ve diğ, 1998).

Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinde 80-85°C'de 30 dk veya 90-95°C'de 5 dk ısıl işlem uygulanması ile serum proteinleri denatüre edilmektedir. Denatüre serum proteinlerinin en önemli etkisi koagüle oldukları pH değerinde (4,6-4,7) çözünebilme yeteneklerini kaybetmeleridir (Mehta ve Oliveira, 2012; Lee ve Lucey, 2010). Yapısı açılan serum proteinlerinin diğer önemli etkisi ise oksidasyon-redüksiyon

potansiyelini düşürmesi ve denatüre serum proteinleri arasındaki interaksiyonları ve κ-kazein ile β-LG arasındaki spesifik reaksiyonları yapısındaki sülfidril gruplarının etkisiyle meydana getirmesidir. Bu oluşumlar viskoziteyi dolayısı ile de pıhtının yapısını etkilemektedir. Ayrıca κ-kazein ile yağ globül membran proteinleri arasındaki interaksiyon homojenizasyon sırasında önceden meydana gelen yağ globül yüzeyine adsorpsiyonun bir sonucudur ve bu pıhtının özelliklerinde değişime sebep olabilmektedir (Mehta ve Oliveira, 2012).

Corredig ve Dalglesih (1999)'in yaptıkları çalışmada sıcaklık ve süre artırıldıkça denatüre olan serum proteini miktarı ve bunların kazeinle oluşturdukları kompleks miktarının arttığını bildirmişlerdir. Sadece ısıl işlemin süre ve sıcaklığı değil yağsız sütün içindeki serum miktarının α-LA/κ-kazein and β-LG/κ-kazein miktarını etkilediği belirlenmiştir. Süte sadece α-LA eklendiği zaman κ-kazein-α-LA kompleksi oluşumu artış gösterirken, sadece β-LG eklendiğinde κ-kazein-β-LG kompleksi oluşumunda bir artış sağlanamamaktadır. Bu etki kazein misellerinin β-LG ile kompleks oluşturabilmesi için sınırlı sayıda bağa sahip olması ile açıklanmıştır ve β-LG konsantrasyonu artırıldığında oluşan κ-kazein-β-LG kompleksi miktarında değişiklik olmadığı bildirilmiştir (Corredig ve Dalgleish, 1999). β-LG iki disülfit bağı ve bir sülfidril grubu içerirken α-LA dört adet disülfit bağı içermektedir. Kazein ile kompleks oluşturan β-LG'in sülfidril grubudur (Vasbinder ve diğ, 2003).

Bir başka çalışmada ise 72-90°C arasında ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yoğurtların 82°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda jel dayanıklılığında ve jelleşme pH'sında artışa sebep olduğu bildirilmiştir (Lee ve Lucey, 2004).

Isıl işlemin yanında araştırmacılar serum ayrılması ve viskozite üzerine toplam kuru madde ve tuz içeriği (Köksoy ve Kılıç, 2003; Herceg ve Lelas, 2005), protein ve yağ içeriği, pH (Atamer ve Sezgin, 1987; Özdemir ve Kılıç, 2004; Lee ve Lucey, 2010; Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010b) homojenizasyon (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010a), ürünün depolama ve fermantasyon sıcaklığı (Özdemir ve Kılıç, 2004; Shaker ve diğ, 2001) ve starter kültürün aktivitesi (Milci ve Yaygın, 2005; Girard ve Schaffer-Lequart, 2007; Özdemir ve Kılıç, 2004) gibi faktörlerin etkili olduğunu bildirmiştir (Tamime ve Robinson, 1999; Koçak ve Avşar, 2009; Özer, 2009). Ayrıca serum proteini türevleri, yağsız süt tozu, stabilizör gibi maddelerin kullanılması ile

fermente süt ürünlerinin yapısal özelliklerinde iyileşme sağlanabilmektedir (Özen veKılıç, 2009; Özer, 2009; Köksoy ve Kılıç, 2004; Teles ve Flores, 2007; Kiani ve diğ, 2010; Janhoj ve diğ, 2008; Güven, 1999; Engez ve diğ, 2006).

2.4 Yeni Teknolojiler

Gıdaların muhafazasında temel amaç, enzimatik ve mikrobiyolojik aktiviteyi önlemek veya sınırlamaktır. Bu amaçla, ısıl işlem hem hastalık yapıcı hem de bozucu mikroorganizmaları ve enzimleri etkili bir şekilde inaktive ettiğinden yaygın olarak kullanılan muhafaza yöntemlerinin başında gelmektedir. Ancak, ısıl işlemlerde kullanılan yüksek sıcaklık, hem maliyeti artırmakta hem de gıdaların renk, besin değeri, lezzet ve duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Şengül ve diğ, 2009). Aynı zamanda yapıyı iyileştici özellikleri sebebiyle kullanılan stabilizörün katkı olarak değerlendirilmesi taze ve daha doğal gıda tüketimine yönelen tüketicilerin olumsuz tepkilerine sebep olmaktadır. Bundan dolayı son zamanlarda tüketicilerin isteklerini karşılamak için gıda muhafaza uygulamalarında ultrases, elektriksel alan, ohmik ısıtma, ışınlama ve yüksek basınç teknolojisi gibi alternatif gıda muhafaza yöntemlerine olan ilgi gittikçe artmaktadır (Şengül ve diğ, 2009; Ulusoy ve Karakay, 2011; Kresic ve diğ, 2008; Chemat ve diğ, 2011; Ashokkumar ve diğ, 2010).

Araştırıcılar, ısıl işlemin gıda muhafazasındaki işlevini yerine getirirken gıdaların fiziksel özelliklerinde de modifikasyon sağlayabilecek ve katkı kullanımına gerek kalmayan yöntemlere eğilim göstermektedir. Bu amaçla süt ürünlerinde en çok dikkat çeken ve araştırılan ısı olmayan yöntemler yüksek basınç ve ultrases işlemidir (Kresic ve diğ, 2008).

2.4.1 Yüksek basınç işlemi

Yüksek basınç işlemi süt ve süt ürünleri gibi kompleks yapıda olan gıdalarda sütün sıcaklığı, pH değeri, çevresel faktörlere, uygulanan basınca ve süresine bağlı olarak ürünün mikrobiyolojik ve yapısal özelliklerine etki etmektedir. Yüksek basınç işlemi ile sütlerin su tutma kapasiteleri, protein hidratasyon indekslerinin ve asitlendirme yolu ile elde edilen jelin dayanım gücünün ve jelin sertliğinin arttığı bildirilmiştir. Ayrıca süt proteinlerinin yüzeyinde yer alan hidrofobik grupların oranlarını

artırdığını ve kazein yapısında olmayan nitrojen fraksiyonlarında azalmaya ve serum proteinlerinin denatürasyon oranı ile çözünürlüğünün çok düşük seviyelere ulaştığı belirlenmiştir (Kınık ve diğ, 2004).

Fermente süt içeceğinin viskozite ve kayma gerilimine yüksek basınç işleminin etkisinin incelendiği bir çalışmada 3 farklı basınç (150, 200 ve 250 MPa) ve 3 farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) kombinasyonu kullanılmıştır. Kontrol olarak 90°C/60s ısıl işlemi belirlenmiştir. Çalışmada en düşük görünen viskozite 250 MPa/25°C uygulanan örnekte belirlenirken kontrol örneğine en yakın sonuçları 150 MPa/15°C işlem uygulanan örnek vermiştir. Bu sonuçlara jel oluşturmaktan sorumlu molekül ve partiküller arasındaki interaksiyonların sebep olduğu bildirilmiştir. Tüm fermente içecekler viskoelastik ve tiksotropik davranış sergilemişlerdir (Masson ve diğ, 2011).

Huppetz ve diğ. (2006) ve Lopez-Fandino (2006), >400 MPa üzerinde basınç uygulamasının α-LA'i ve >100 MPa üzerindeki basınç uygulamasının β-LG'in denatüre ettiğini ve kazein misellerinin ise >200 MPa basınçta dağıldığını bildirmişlerdir. Denatüre olan β-LG'in çoğunluğunun kazein ile birleştiğini, geriye kalan kısmının ise serum fazda kaldığını ya da yağ globüllerinin yüzeyleri ile etkileşime girdiğini bildirmişlerdir. Kazein misellerinin dağılma oranı basınç ile artarken artan basınç ile kalsiyum fosfatın çözünürlüğü de artmıştır.

Serra ve diğ. (2009), yoğurdun fiziksel özellikleri üzerine yüksek basınç işleminin etkilerini inceledikleri çalışmalarında 2 farklı basınç (200-300 MPa) uygulayarak ve 90°C/90s ısıl işlemi uygulayarak yoğurt üretmişlerdir ve 28 gün depolayarak özelliklerde meydana gelen değişimi belirlemişlerdir. Yüksek basınç uygulanan yoğurtların daha yüksek su tutma kapasitesi ve sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Pıhtısı kırılmış tipi yüksek basınç uygulanan örneklerde ise yüksek konsistens ve daha az sinerezis elde edilmişken kontrol işlemine göre daha kaba bir yapı belirlenmiştir. Kontrol işleminin asitliği yüksek basınç uygulanan örneklerin asitliğinden yüksek bulunmuştur ve depolama boyunca tüm örneklerin asitliklerinde artış gözlenmiştir. Bu etki starter kültürlerin metabolik aktivitelerinin bir sonucudur (Serra ve diğ, 2009).

Serra ve diğ. (2007), yoğurt üretiminde homojenizasyon amaçlı 3 farklı basınç (100, 200 ve 300 MPa) ve ısıl işlem yerine 3 farklı basınç uygulamasının (130, 230 ve 330 MPa) geleneksel yönteme (90°C/90s ısıl işlem ve 15 MPa homojenizasyon basıncı)

göre kullanılabilirliğini belirlemek için yaptıkları çalışmada 200 ve 300 MPa basınç uygulamasının yoğurtlarda yüksek jel dayanıklılığı, yüksek jel katılığı, daha az sinerezis ve düşük asitlik gelişimine sebep olduğunu belirlemişlerdir. Araştırıcılar, yağ globüllerinde 100 ve 200 MPa basınçlarda önemli azalmalar meydana geldiğini saptamışlardır. Serum ayrılmasında meydana gelen azalmayı ve pıhtıların sertliğini serum proteinlerindeki denatürasyona bağlı olarak protein-protein ve yağ-protein arasında meydana gelen interaksiyonlara bağlamışlardır. Partiküller arası interaksiyonların artması ve sabit jel yapının oluşumunun suyun tutulmasını sağladığını bildirmişlerdir (Serra ve diğ, 2007).

Harte ve diğ. (2003), yüksek basınç (400-500 MPa) ve ısıl işlemin kazein misellerinin dağılımını ve serum proteini denatürasyonunu artırdığını bildirmiştir. Fermentasyon sırasında kazein alt misellerinin yeninden kümeleşmesine rağmen iki işlem birlikte kullanıldığında az yağlı yoğurtların sinerezisini azalttığını bildirmişlerdir.

2.5 Ultrases İşlemi

Ultrases insan kulağının duyabileceği frekansın üzerinde (>16 kHz) genellikle >20 kHz'ın üzerindeki frekanslarda (genellikle 20 kHz -10 MHz arasında) sıvı, katı ve gaz ortamlardan geçebilen ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Şengül ve diğ, 2009; Salazar ve diğ, 2010; Baysal ve Demirören, 2012).

2.5.1 Ultrases işleminin sınıflandırılması

Ultrases işlemini uygulamalara göre düşük güçlü (güç, yoğunluk)-yüksek frekanslı ve yüksek güçlü-düşük frekanslı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Düşük güçlü-yüksek frekanslı ultrases işlemi 100 kHz ve üzeri frekanslarda ve 1 W/cm^2'nin altındaki enerji yoğunluğunda uygulanmaktadır. Düşük güçlü ultrases işleminde ortamdan geçen ses dalgaları materyal içinde önemli fiziksel ve kimyasal değişikliğe sebep olmamaktadır. Genellikle gıda maddelerinin bileşimi ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadırlar. Düşük güçlü ultrases işleminin basit, hızlı, kesin, ucuz ve yıkıcı olmayan analitik metot olarak kullanımı artmaktadır (Salazar ve diğ, 2010; Chandrapala ve diğ, 2012; Awad ve diğ, 2012). Yüksek frekanslı ultraseste ana etki mekanizması akustik akımdır (Awad ve diğ, 2012; Patist ve Bates, 2008). Düşük güçlü ultrases işlemi gıda ürünlerinde ve içeceklerde şeker ve

alkol oranı, ette yağ oranı, meyve ve sebzelerin karakterizasyonu, yumurtanın kalitesi, peynirlerin mekanik özellikleri, bisküvinin tekstürü, sütün koagülasyonu, şarapta fermentasyon kontrolü, kavunun şeker içeriği, katı yağ indeksi ve hamurun fermantasyonunun kontrolü gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Muthukumarappan ve diğ, 2010; Awad ve diğ, 2012; Chandrapala ve diğ, 2012).

Yüksek güçlü-düşük frekanslı ultrases işlemi 20-100 kHz aralığındaki frekanslarda ve 10-1000 W/cm^2 enerji yoğunluğunda kullanılmaktadır (Salazar ve diğ, 2010; Muthukumarappan ve diğ, 2010). Yüksek güçlü ultrases fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkilere sahiptir ve çeşitli gıdaların fizikokimyasal özelliklerini modifiye ederken proses esnasında gıda sistemlerinin kalitesini artırmaktadır. Düşük frekanslı ultrases işleminin ana etki mekanizması kavitasyon oluşmudur (Awad ve diğ, 2012).

Sıvı bir ortamda yüksek güçlü ultrasesi etkileyen en önemli parametreler ultrases uygulanan ortamın özellikleri (viskozite, yüzey gerilimi, buhar basıncı, çözünmüş gazın konsantrasyonu ve doğası, katı partikül varlığı), işlem parametreleri (sıcaklık, basınç ve işlem uygulanan süre), ultrases üretici performansı (frekans ve güç girişi) ve işlem uygulanan kabın geometrisi ve büyüklüğüdür (Demirören ve Baysal, 2009; Award ve diğ, 2012).

Ultrases işlemi diğer yöntemlerle kombine halde kullanıldığı zaman etkinliği (özellikle mikrobiyel ve enzimatik aktivasyon üzerinde) artmaktadır. Bu yöntemlerle prosesin sıcaklığı, basıncı azaltılarak gıdanın kalitesinde meydana gelebilecek olumsuzlukları en aza indirerek gıdanın kalitesinin geliştirilmesi amaçlanmıştır Ultrasesin kombine halde kullanıldığı yöntemler;

- Termosonikasyon: Isı ile ultrases işleminin birlikte kullanıldığı yöntemdir.
- Manosonikasyon: Basınç ile ultrases işleminin birlikte kullanıldığı yöntemdir.
- Manotermosonikasyon: Basınç, ısı ve ultrases işlemlerinin birlikte kullanıldığı yöntemdir (Demirören ve Baysal, 2009; Earnshaw, 1998; Torley ve Bhandari, 2007).

Genel olarak kullanılan bu kombinasyonların yanında ultrases ile pulse elektik alan, pH ve antimikrobiyal kimyasallar da kullanılabilmektedir (Torley ve Bhandari, 2007).

2.5.2 Ultrases sisteminin bileşenleri

Ultrases sistemi jeneratör, dönüştürü ve dağıtıcı kısım olmak üzere 3 temel bileşenden oluşmaktadır. Jeneratörler gerekli elektriği yüksek frekanslı alternatif akıma dönüştürürler ve dönüştürücüye iletirler. Dönüştürücüler ise alternatif akımı mekanik titreşimlere dönüştürür ve dağıtıcı kısıma iletirler. Dağıtıcı kısım da mekanik titreşimleri sıvı ortama göndermektedir (Mason, 1998).

Gıda proseslerinde ultrases kullanımında gerekli enerjiyi sağlayan temel bileşen ultrasonik dönüştürücülerdir. Dönüştürücüler mekanik ve elektrik enerjisini yüksek frekanslı ses enerjisine dönüştüren araçlardır. Ultrases proseslerinde mekanik ve elektroakustik olmak üzere 2 tür dönüştürücü vardır. Mekanik dönüştürücüler (sıvı zorlamalı (liquid-driven) gibi), ultrases üretmesi rotor, türbin gibi sistemlerde sıvı ya da gazın akışına bağlıdır. Elektroakustik dönüştürücüler (piezoelektrik ve manyetostriktif dönüştürücü) modern ultrasonik uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Manyetostriktif dönüştürücünün çalışılan frekans aralığı dardır (<100 kHz) ve %60 elektrik etkinliğindedir. Piezoelektrik dönüştürücüler %95'den fazla elektrik tasarrufu sağlamaktadır ve tüm frekans aralığında çalışma avantajı sağladığından yaygın olarak kullanılmaktadır (Mason, 1998; Torley ve Bhandari, 2007; Muthukumarappan ve diğ, 2010).

Küçük ve büyük ölçekli yüksek güçlü ultrases uygulamalarında ticari olarak uygun ve farklı ultrases cihazları vardır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan ultrasonik banyo ve ultrasonik prob sistemleridir. Ultrasonik banyo tankın duvarlarına yerleştirilmiş bir ya da daha fazla dönüştürücüden yapılmış ucuz, basit ve çok yönlü bir sistemdir. Tankta kavitasyonun vereceği zararı engellemek için banyo sisteminin maksimum güç yoğunluğu 1-5 W/cm^2 arasında tutulmaktadır. Prob sistemlerde dönüştürücüden gelen titreşimleri yükseltmek amacıyla dönüştürücüler metalden yapılmış başlıklarla birlikte kullanılmaktadır. Dönüştürücü tarafından üretilen titreşimin yükseltilmesi için piezoelektrik materyalden üretilen dalganın genliği çok az yaylı etkiye sahiptir. Uygun bir başlık dizaynı başlığın yüzeyindeki titreşimin genliğini artırmaktadır. Problu sistemler prosesde kullanılan materyalin içinde ya da karşısında yer alabilirler, güçleri kontrol edilebilir ve birkaç yüz W/cm^2 ultrases yoğunluğu üretebilmektedirler. Bu avantajlara karşılık, başlığın ucunun kavitasyon etkisiyle aşınması ve ultrasesin maruz bırakıldığı materyalin ısınması ve serbest radikaller oluşabilmesi gibi dezavantajlara sahiptir. Kavitasyon etkisiyle meydana

gelen uç aşınması metal kontaminasyonuna sebep olabilir ve bu aşınma ile başlığın boyunda küçülme meydana gelebilmektedir ve başlığın etkiliğini değiştirebilmektedir (Torley ve Bhandari, 2007; Mason, 1998). Aynı zamanda yapılan çalışmalarda prob sistemlerle ~25°C ve banyo sistemlerde ise ~1°C çalışılan ortamın sıcaklığında artış meydana gelebileceği bildirilmiştir (Salazar ve diğ, 2010).

Sistemlerdeki sınırlamalardan dolayı akış hücresi, tüp reaktör ve kap başlıklar geliştirilmiştir. Kap başlık sistemleri ultrasonik prob ve soğuk su kullanılan soğutucu kısımdan oluşmaktadır. Reaksiyon kap büyüklüğünün sınırlı olmasına ve reaksiyon kaplarının güç girişinin proses içinde direk yer alan prob sistemlerinden az olmasına rağmen sıcaklık kontrolü sağladığı için daha avantajlıdır. Akış hücresi ultrasonik probun doğrudan bir hücre içinden pompalanan sıvı içinde olduğu sürekli sistemlerdir. İşlem sadece prob sıvı içinde iken gerçekleşir. Akış hücresi sıvıya uygulanan zamanın kontrolü ile yüksek yoğunluklu ultrases ve sıcaklık artışının kontrolüne izin vermektedir. Tüp reaktörlerde ise ultrasonik jeneratörlerin oluşturduğu bir zon boyunca pompalanan sıvıya işlem uygulanmaktadır (Torley ve Bhandari, 2007).

2.5.3 Ultrases işleminin temel mekanizması

Ultrases işlemi bir ortamda mekanik titreşim etkisi, akustik akış ve akustik kavitasyondan oluşan temel 3 etkiye sahiptir. Mekanik titreşim ve akustik akış kavitasyonel olmayan fiziksel etkilerdir. Mekanik titreşim etkisi temizleme ve ekstraksiyon uygulamalarında kullanılırken akustik akış temizleme ve ekstraksiyon etkinliğini artıran kütle aktarımını hızlandırabilmektedir (Askokkumar ve diğ, 2010).

Ultrases işleminin temel etki mekanizması kavitasyondur. Sıvı içindeki küçük gaz baloncukları ultrasonik dalgaların sıvı ortamda genişleme-sıkışma hareketleri oluşturması ile büyümeye başlar ve aynı zamanda genişleme sırasında sıvının gerginliğinin etkisiyle yeni baloncuklar oluşturmaktadır. Sıkıştırma ile absorbe ettikleri gazlar sayesinde baloncukların yüzey alanları genişlemektedir ve ses dalgalarının etkisiyle kritik bir değere ulaştığında baloncuklar patlamaktadır. Ortamdaki sıkıştırma-genişleme hareketlerinin etkisiyle baloncukların yıkılması olayı kavitasyon olarak açıklanmaktadır (Patist ve Bates, 2008; Ashokkumar ve diğ, 2010; Salazar ve diğ, 2010). Balonların patlaması ile ortamda lokal olarak 5000 K sıcaklık 1000 atm basınç açığa çıkmaktadır ve kavitasyon zonunda türbülans ve

yüksek kayma enerjileri açığa çıkmaktadır. Isı, basınç ve türbülansın katkıları ile kimyasal reaksiyonlardaki kütle transferi hızlanmakta, yeni reaksiyonlar açığa çıkmakta, partiküller kırılmakta veya yapıdan ayrılmakta ve farklı ürünler oluşabilmektedir (Patist ve Bates, 2008; Salazar ve diğ, 2010). Kavitasyonun bu etkilerini sonucunda su molekülleri kırılır ve yüksek oranda reaktif serbest radikaller oluşmaktadır ve bunlar diğer moleküllerle reaksiyona girebilmektedirler. Kavitasyonel termoliz ile hidroksil radikalleri (OH^-) ve hidrojen atomları (H^+) oluşmaktadır ve hidroksil radikalleri ve oksijen varlığında hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşturabilmektedirler. Sonikasyon sırasında H_2O_2 üretimi sıcaklığa bağlıdır ve sıcaklık artınca azalmaktadır. Bu geçici reaktif gruplar karbonhidratlarla reaksiyona girmektedirler. Bunlara ek olarak güçlü mekanik etkilerin sonucunda hidrolize olan ve kırılan çeşitli polisakkaritlerin moleküler ağırlığı azaldığında gıdanın reolojik özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir (Muthukumarappan ve diğ, 2010; Ashokkumar ve diğ, 2010). Düşük frekanslarda akustik kavitasyonunun güçlü fiziksel etkilerinden dolayı reaktif radikal oluşturma miktarı düşüktür, ancak yüksek frekansta oluşan zayıf fiziksel etkilerden dolayı önemli oranda kimyasal aktif radikaller oluşmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010). Akustik kavitasyonun oluşturduğu fiziksel etkiler türbülans, mikrojet, kayma gücü, şok dalgası ve akustik akıştır (Ashokkumar ve diğ, 2010; Patist ve Bates, 2008).

Uygulanan akustik enerji kavitasyonun eşik değerini geçtiğinde kalıcı ve geçici olmak üzere iki tür kavitasyon meydana gelmektedir. Geçici kavitasyon 20 kHz ve yüksek akustik yoğunluktaki başlıklarda meydana gelmektedir. Baloncukların büyümesi birkaç akustik döngü sonrasında oluşmaktadır ve hızlı ve şiddetli bir şekilde patlamaktadırlar. Geçici kavitasyonda baloncukların patlaması katı bir yüzeye yakınsa mikrojet oluşur ve sıvı bir ortamda ise jetler kısa sürede oluşmaktadır. Sabit kavitasyon ise yüksek frekanslarda (>200 kHz) meydana gelmektedir. Baloncuklar yeterli büyüklüğe eriştiğinde daha az şiddetli patlar ancak balonların oluşumu ve patlaması sürekli gerçekleşebilmektedir (Ashokkumar ve diğ, 2010; Torley ve Bhandri, 2007).

Düşük frekanslı ultrases işleminde kavitasyon zonunda yüksek sıcaklık ve basınçta büyük baloncuklar oluşmaktadır. Frekansta meydana gelen artış ile birlikte kavitasyon zonu daha az şiddetli olmaktadır ve frekans MHz'e ulaştığında ise kavitasyon meydana gelmemektedir. Kavitasyon oluşumunda uygulanan dış

basınçtaki artış kavitasyon eşik değerini artırmaktadır ve kavitasyon baloncuklarının sayısında azalmaya sebep olmaktadır. Diğer yandan dış basıncın artması ile baloncukların basıncı artmaktadır ve yıkılma anında daha şiddetli ve daha hızlı bir patlama meydana gelmektedir. Böylece prosesin etkinliği genlikte artış olmadan artırılabilmektedir. Sıvı ortamın viskozitesini, buhar basıncını ve yüzey gerilimini etkileyen en önemli faktör sıcaklıktır. Artan sıcaklıkta kavitasyon baloncuklarının sayısı da artar ve yüksek buhar basıncında nemlendirilmiş bir yıkılma meydana gelmektedir. Kavitasyon baloncukları yüksek viskoziteli ortamlarda çok kolay oluşamamaktadır. Sıcaklık artığında viskozitenin de azalması ile daha şiddetli patlamalar meydana gelmektedir. Uygun şiddette patlamanın meydana gelmesi için düşük viskozite ve optimum sıcaklıkta işlem uygulanmalıdır. Aynı zamanda yüksek buhar basıncının nemlendirici etkisinden kaçınmak içinde yeterli düşüklükte sıcaklıkta çalışılmalıdır (Patist ve Bates, 2008; Earnshaw, 1998). Ortamın su aktivitesi de ultrasesin etkinliği etkilemektedir, sulu ortamlarda ultrasesin etkinliği kanıtlanmıştır. Ortam pH değeri de etkili bir diğer faktördür (Torley ve Bhandri, 2007).

2.5.4 Yüksek güçlü ultrases işleminin kullanım alanları

Gıda proseslerinde yüksek güçlü ultrases işlemi mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon, kristalizasyon, filtrasyon, kurutma, ekstraksiyon, emülsifikasyon, degassing, defoaming, dondurma, enzim aktivitesi ve protein denatürasyonu, ayırma, polimerizasyon/depolimerizasyon, kesme, donmuş gıdaları çözme, et ürünlerinin proseslerinde ve oksidasyon proseslerinde kullanılmaktadır. Genel olarak ultrases işleminin kullanıldığı işlemler, etki mekanizması, avantajları ve çalışılan ürünler Çizelge 2.3'de gösterilmektedir. (Chemat ve diğ, 2010, . Patist ve Bates, 2008; Salazar ve diğ, 2010; Baysal ve Demirören, 2012; Torley ve Bhandari, 2007; Mason, 1998).

Çizelge 2.3 : Yüksek güçlü ultrases işleminin gıda proseslerinde kullanımı.

Uygulanan Yöntem	Etki Mekanizması	Avantajları	Uygulanan Ürünler
Pişirme	Akustik akış ve kavitasyon sonucu ısı transferi geliştirilmesi	İşlem süresinin kısaltılması Organoleptik kalitenin geliştirilmesi	Et ve sebzeler
Dondurma/Kristalizasyon	Akustik akış ve kavitasyon sonucu ısı transferinin geliştirilmesi	İşlem süresinin kısaltılması Daha küçük ve stabil kristal oluşumu Difüzyonun geliştirilmesi Sıcaklığın hızla azaltılabilmesi	Et, sebze (patates), meyve (elma) ve süt ürünleri, palm çekirdeği yağı
Kurutma	Akustik akış ve kavitasyon sonucu kütle transferinin geliştirilmesi	İşlem süresinin ve son ürünün nem içeriğinin azaltılması Organoleptik kalitenin geliştirilmesi	Kurtulmuş ürünler (meyve ve sebzeler-elma, kavun, muz, brüksel lahanası, karnabahar vb.)
Defoaming/Degassing	Kavitasyon	Ürün veriminin artışı ve düşük enerji kullanımı Köpük oluşumunu engelleyen kimyasalları elimine etmek Şişeleme hattındaki atıkların azaltılması	Süt, gazlı içecekler, bira
Filtasyon/Tarama	Bağlı tabakanın kavitasyon ile dağılması	İşlem süresinin kısaltılması Kirlenmeyi azaltmak Filtrasyon etkinliğinin artması	Meyve suları, şarap, bira, yemeklik yağlar
Emülsifikasyon/ Homojenizasyon	Yüksek kayma mikro-akışının oluşması ve kavitasyon	Düşük maliyetli ve kısa sürede emülsiyon oluşumu Emülsiyon stabilitesinin artırılması	Ketçap, mayonez, süt
Fermentasyon ve olgunlaştırma	Kavitasyon	İşlem süresinin kısaltılması Metabolit oluşumunun artırılması	Alkollü ürünler (Şarap, bira, viski) Süt ürünleri (yoğurt)

Çizelge 2.3 (devam) : Yüksek güçlü ultrases işleminin gıda proseslerinde kullanımı.

Kesme	Kavitasyon	İşlem süresinin kısaltılması Üründe oluşan kayıpların azaltmak Düzgün ve tekrarlanabilen kesme	Kek, peynir vb. kırılgan ürünler, taze ve donmuş gıdalar
Ekstraksiyon	Kavitasyonel etki ve akustik akış	Ekstraksiyon etkinliğinin ve verimin artırılması GRAS çözücülerle çalışılabilme olanağı Düşük proses sıcaklığında çalışılabilmesi	Bitkisel yağlar, protein, polisakkarit, biyoaktif bileşenler, biberiye (karnosik aist) vb.
Viskozite Değişikliği	Kavitasyonel etki	Katkı kullanımını azaltması Ürünlerin işlevini farklılaştırabilmesi Proteinlerin çözünürlük ve köpük oluşturma özelliklerinin artırılması	Serum proteinleri, Soya proteinleri
Enzimatik/ Mikrobiyolojik İnaktivasyon	Kavitasyon	Ürünün kalitesini geliştirmek için düşük sıcaklıklarda inaktive etmek İnaktivasyon oranını artırmak Homojenliği artırmak ve enerji tasarrufu sağlamak	Pektinmetilesteaz, glukoz oksidaz gibi enzimler *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Saccharomyces cerevisia*, *Bacillus subtilus* gibi bakteriler

2.5.5 Ultrases işleminin süt ve süt ürünlerinde kullanımı

Jambrak ve diğ. (2008) serum proteini süspansiyonlarının özelliklerini belirlemek için 20, 40 ve 500 kHz'de 15 ve 30 dk sonunda proteinlerin çözünebilirlik ve köpük oluşumu özelliklerini incelemişlerdir. Yüksek frekans bu özelliklerde değişim meydana getirmezken düşük frekanslarda ve 15 dk uygulama ile aminoasitlerin hidrofilik kısımlarının suya doğru açılması ile proteinin yapısında ve konformasyonunda meydana gelen değişim ile çözünürlüğünde artış olduğunu bildirmişlerdir (Jambrak ve diğ, 2008). Çözünürlüğün artmasına yüksek iletkenlikteki yüklü grupların sayısının artması ile globüler proteinlerin üçüncül yapısındaki değişimlerin de etkili olabileceğini bildirmişlerdir. Böylece elektrostatik kuvvetlerin büyüyeceğini ve daha fazla suyun proteine bağlanacağını ve protein-su interaksiyonunun artacağını bildirmişlerdir (Kresic ve diğ, 2008; Jambrak ve diğ, 2008). Köpük oluşumunda da kısa sürede ve düşük frekansta artış saptanmıştır. Serum proteinlerinin hidrolizi ve işlem sırasındaki lokal sıcaklık artışı köpük oluşumunu artırmaktadır. Köpük oluşturma özelliğindeki artış ultrasesin homojenizasyon etkisi ile ilişkilendirilmiştir (Jambrak ve diğ, 2008; Jambrak ve diğ, 2010). Ultrases işlemine α-LA'in β-LG'den daha dirençli olduğunu belirlemişlerdir (Jambrak ve diğ, 2008; Chandrapala ve diğ, 2012).

Kazein misellerinin düşük (35 kHz) ve yüksek (130 kHz) frekanslarda yeniden birleşmelerine pH'nın etkisini araştırıldığı bir çalışmada, pH değeri arttıkça bulanıklığın azalırken örneklerin partikül büyüklüğünün de arttığı saptanmıştır. Misellerin genişlemesi kazein molekülleri arasında elektrostatik itmeye ve serum fazındaki kalitenin artmasına bağlanmıştır. Partiküller arası homojenliği artırmakta 130 kHz'in daha etkili olduğu, viskoziteyi daha çok düşürdüğü bildirilmiştir. 130 kHz'in miselleri dağıtmakta 35 kHz'den daha etkili olduğunu, bu etkiyi baloncukların bölünmesi ile çevrelenen ortamda daha fazla serbest radikal oluşturmasına bağlamışlardır (Madadlou ve diğ, 2009).

Bermudez-Aguire ve diğ. (2009b), termosonikasyon (24 kHz, 400 W, %0, 30, 60, 90 ve 100 güçte, 63° sıcaklıkta ve 30 dk) ve ısıl işlem (63°C-30 dk) uygulanması ile sütün protein, asitlik, yağ, renk ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir ve işlem görmüş sütleri 16 gün 4°C'de depolamışlardır. Termosonikasyon uygulanan örneklerinin protein içeriğinin ve pH'sının azaldığı, yağ içeriğinin ve asitliğinin arttığı belirlenmiştir. Proteindeki azalma denatüre olan serum

proteinleri ve kazeinin üçüncül ve dördüncül yapısında meydana gelen kısmi modifikasyona ile açıklanırken yağ içeriğinin artmasını da kavitasyonun yağ globüllerini kırması ve triaçilgliserolün serbest kalmasına bağlamışlardır. pH değerindeki azalma kavitasyon sonucunda meydana gelen enzimatik faaliyetlere ve asitlikteki artış ise lipolize ve sonikasyon sonrasında oluşan nitrit, nitrat ve hidrojen peroksit ile ilişkilendirilmiştir. Depolama sonucunda ise asitlik ve pH sabit kalmıştır. Depolama sonunda ultrases uygulanan örneklerin mezofilik bakteri içeriğinde 2 log'dan fazla artış gözlenmemiştir. Bakterilerdeki bu azalma gücün artması ile artmış bu da hücre duvarlarının zarar görebilmesi için belirli oranda bir gücün gerekliliğini göstermektedir. Gücün artışına göre oluşan kavitasyon hücre duvarlarında porlar oluşturmakta hücre yapısı dağılmakta ve hücreler kırılmaktadır. Ayrıca sulu ortamda suyun sonolizi ile oluşan serbest radikaller ve bunların kombinasyonu bakterisid etki yapmaktadır (Bermudez-Aguire ve diğ, 2009b). Ultrases uygulanan örneklerin renkleri incelendiğinde ise daha beyaz bulunmuşlardır (Bermudez-Aguire ve diğ, 2008; 2009b; Riener ve diğ, 2010).

Shanmugam ve diğ. (2012), pastörize yağsız sütte 20 kHz, 20 ve 41 W'lık enerjide ve 22 ve 30°C sıcaklıkta 15, 30, 45 ve 60 dk ultrases uygulanması ile örneklerin bulanıklığında azalma meydana gelirken viskozitelerinde değişim gözlenmediğini bildirmişlerdir. Kazein misellerinin boyutunda iki güç seviyesinde küçük azalmalar meydana gelirken yağ globüllerinde önemli azalmalar gözlenmiştir. Uygulanan güç seviyelerinde sonikasyon süresinin artması ile akustik kavitasyonun ürettiği kayma etkilerinden dolayı çözünen partiküllerde azalma gözlenmiştir. Kavitasyondan sonra oluşan türbülansın partiküllerin hareketliliğinde artışa sebep olduğu ve agregat oluşumunu desteklediği bildirilmektedir. Çalışmada serum proteinlerinin çözünen partiküller arasında azalmasını denatüre olması ile ilişkilendirmişlerdir. Denatüre olan/agregat oluşturan serum proteinlerinin κ-kazein ile interaksiyona girdiği ve miseller agregat oluşturduğunu ve bu agragatların tiyol-disülfit değişim reaksiyonu ile oluştuğunu bildirmişlerdir (Shanmugam ve diğ, 2012).

Süt örneklerinde *Pseudomaonas fluorescens* ve *Streptococcus thermophilus*'un ultrases ile inaktive edilebileceği gram-negatif (G-) bakterilerin gram-pozitif (G+) bakterilerden daha hassas olduğu bildirilmiştir. Ultrases işleminin sıcaklıkla birlikte inaktivasyon üzerinde yalnız ultrases uygulanmasından daha etkili olduğu bildirilmiştir ancak sıcaklığın 60°C'nin üzerine çıktığında lethal etkisinin azaldığını

bildirmişlerdir (Villamiel ve de Jong, 2000). Süt örneklerinde termosonikasyonun *Listeria innocua* üzerine 5,3 log'luk bir azalma sağladığı bildirilmiştir. Ilımlı termosonikasyon koşullarında önce bakterilerin sabit bir periyotta kaldığı işlem süresinin sonuna doğru hücrelerin zayıflayarak azaldığı gözlenmiştir. Bakterilerin inaktivasyonunda kavitasyon sonucunda hücreler önce zayıflamakta sonra da yıkılmaktadır. Çalışmada ultrases işleminin mezofilik bakterileri de inative edebileceği bildirilmiştir (Bermudez-Aguirre, 2009a). Çiğ, ısıl işlem görmüş (55°C/15s) ve pastörize süte (75°C-15s) ultrases uygulanmış ve örnekler 4°C'de depolanmış ve canlı bakteri ve psikrotrof bakteri sayısında meydana gelen değişim gözlenmiştir. Çiğ süte ultrases uygulanması sonucunda canlı bakteri ve mezofilik bakteriler 1-2 gün dayanmışlardır, ısıl işlem görmüş sütler 2-5 gün dayanırken pastörize sütler 8 gün dayanmışlardır (Chouliara ve diğ, 2010).

Süte yüksek güçlü ultrases uygulanması ile uçucu bileşikler oluştuğu belirlenmiştir. Sütte başlangıçta aseton, dimetilsülfit, 2-bütan ve kloroform bulunduğu uygulanan ultrasesin süresi arttıkça oluşan uçucu bileşiklerin sayısının arttığı ancak miktarlarında azalma-artma şeklinde değişim meydana geldiğini bildirmişlerdir (Riener ve diğ, 2010). Gıda sistemlerinde hekzanal, heptanal gibi karbonil bileşikler ikincil oksidasyon ürünleri olarak tanımlanmaktadır. Sütte de bu bileşikler fotooksidayon ile hidroperoksitlerin kırılması ile oluşmaktadır. Dolayısıyla sonikasyonun lipit oksidasyonunu artırması ile ucuçu bileşikler oluşmaktadır (Riener ve diğ, 2009; Chouliara ve diğ, 2010). Sütte oluşan bu istenmeyen tat ve koku "rubbery" yani "lastiğe benzeyen" ile tanımlanmıştır ve bu istenmeyen aromanın sonikasyon gücünün azaltılması ile elimine edilebileceği gösterilmiştir (Riener ve diğ, 2009).

Villamiel ve de Jong (2000), ultrases işleminin yağlı ve yağsız sütte alkalin fosfataz, γ-glukomiltranspeptidaz, laktoperoksidaz enzimlerini inaktive etmekte yetersiz kaldığını sıcaklık ile kullanıldığında sütte alkalin fosfataz ve γ-glukomiltranspeptidazı inaktive ettiğini, laktoperoksidazda ise belirli oranda inaktivasyon sağlandığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada 75,5°C'de ultrases uygulanması ile β-LG ve α-LA'nin yağlı ve yağsız sütte denatüre edildiğini, yağlı sütte denatürasyonun daha fazla gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Bu etki kuru maddenin yüksek protein oranın düşük olmasından kaynaklanabilmektedir.

Kazeinlerin ise üçüncül ve dördüncül yapılarında değişiklik meydana gelebilirken ultrasesin kazein misellerini tamamen yıkamadığı belirlenmiştir (Villamiel ve de Jong, 200).

Süte 400 W, 24 kHz ve 63°C'de 30 dk ultrases uygulanması ile yağ globüllerinin 1 μm'den daha fazla küçültülebileceği bildirilmiştir. Bu etki kavitasyon sonucunda yağ globül membranının yıkılması ile meydana gelmektedir (Bermudez-Aguirre ve diğ, 2008b). Benzer şekilde Villamiel ve de Jong (2009), sütün yağ globüllerinde ısı ile birlikte uygulanan ultrases işlemi ve artan uygulama süresi ile %81,5'lik bir azalma sağlanabildiğini bildirmiştir. Yağ globüllerini çapının 0,8 μm'nin altına düşmesi ile de depolama süresince sütte krema oluşumu gözlenmeyeceğini bildirmişlerdir (Villamiel ve de Jong, 2000). Vercent ve diğ. (2002)'de manotermosonikasyon ile yağ globüllerinin çapının 0,8 μm'den küçük olabileceğini bildirmişlerdir. Ertugay ve diğ. (2004), süte farklı süre ve güçlerde ultrases uygulanması ile yağ globül çapının küçültülebileceğini bildirmişlerdir. %100 güçte ve 10 dk ile yağ globül çapının 0,725 μm olduğunu ve %40 güçle ultrases uygulandığında ise geleneksel homojenizasyon ile aynı boyutta azalma sağlanabilindiğini göstermişlerdir. %100 güçte ve 10 dk işlem uygulanması ile en iyi homojenizasyon etkinliği (%4-6) elde edilmiştir (Ertuagay ve diğ, 2004). Bir başka çalışmada, artan güç seviyelerinde ve artan sürelerde ultrases işlemini geleneksel homojenizasyondan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yağ globüllerinin çapının 2 μm'den küçük olduğunu ve bu etkini kavitasyon sonucu oluştuğunu bildirmişlerdir (Wu ve diğ, 2001).

Şengül ve diğ. (2009), ultrases ile homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında %20, 50 ve 70 güç uygulanması ve 3 ve 6 dk süre ile işlem uygulamışlardır. En fazla su tutma kapasitesi (%66,18) ve homojenizasyon etkinliği %70/6dk işlem uygulanan örnekte elde edilmiştir. Ultrases işlemi sonucunda yağ partiküllerinin çapı küçülerek toplam yağ membran yüzeyinin artması ile membran yüzeyinde hidrofilik özellikte yeni bağlanmış pek çok kazein bulunduğundan yüksek güç seviyelerinde su tutma kapasitesinin arttığını bildirmişlerdir (Ertugay ve diğ, 2009).

Wu ve diğ. (2001), süte ultrases uygulayarak ve süte starter ilavesinden sonra homojenizasyon amaçlı ultrases uygulayarak yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir ve starter ilavesinden sonra ultrases uygulanan örneklerin fermentasyon süresinin 30 dk kısaldığını bildirmişlerdir. Bu etki %40, 60 ve 100 güçlerde 8 dk ultrases işleminin

yoğurt kültürlerini inaktive etmediğini göstermektedir. Ayrıca sonikasyona göre yoğurt bakteri hücrelerinden hücre içi enzimlerin serbest kalması da asit gelişimini teşvik edici olmaktadır. Serbest kalan β-galaktozidoz hücre içinde yüksek laktoz hidroliz aktivitesi göstermektedir ve asit üretimi artmaktadır. Yüksek güç (%50, 60 ve 100) uygulanması ile yoğurtların su tutma kapasitesi ve viskoziteleri artmıştır. Kavitasyon ile yağ globül çapları küçülmüş ve yüzey alanlarının artması ile daha fazla kazein bağlanmış ve su tutma kapasiteleri artmıştır. Süte yüksek güçlerde ultrases uygulanması sinerezisi azaltmıştır ve bunun da yüksek güçlerdeki homojenizasyon etkinliği ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir (Wu ve diğ, 2001).

Sütün manotermosonikasyon (MTS) uygulanması ile homojenize edilmesinin yoğurdun su tutma kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. Manotermosonikasyon ile hazırlanan yoğurdun reolojik özellikleri daha iyi olsa da iki örnekte tiksotropik ve psödoplastik davranış sergiledikleri bildirilmiştir. MTS uygulaması ile yoğurtların başlangıç viskoziteleri daha yüksek ancak zamanla meydana gelen azalma daha fazla bulunmuştur. MTS yoğurtların G' değerlerinin kontrol yoğurtlarından %50 daha yüksek bulunmuştur (Vercent ve diğ, 2002).

Riener ve diğ. (2009; 2010), 3 farklı yağ bileşimine sahip (%0,1, 1,5 ve 3,5) süt örneklerine 24 kHz frekansta 45°C'de 10 dk termosonikasyon (TS) işlemi uygulanmasının yoğurdun su tutma kapasitesi, partikül boyutu ve reolojik özelliklerine etkisini geleneksel olarak üretilen yoğurt (90°C-10 dk) ile karşılaştırarak belirlemişlerdir. 3 farklı yağ oranında da TS uygulanan sütün yağ globülleri geleneksel yöntem uygulanan sütten 2,5 kat küçük bulunmuştur. TS uygulanan yoğurtların jelleşme pH değerleri geleneksel yöntemden yüksek bulunmuştur (Riener ve diğ, 2009). TS uygulanan yoğurtların G' değerleri ve su tutma kapasiteleri geleneksel yöntemden daha yüksektir. Yapılan çalışmada geleneksel yöntemle serum proteinlerinin TS'ye göre daha yüksek oranda denatüre ettikleri ancak jel sertliğinin yüksek denatürasyonda azaldığını bildirmişlerdir. Bu etkiyi de kültürün gelişimi esnasında alt birimlere kazein misellerinin dağılımını desteklemesi, birbirleri ile yeniden düzenlenmesi ile güçlü bir ağ yapı oluşturmasına ve denatüre serum proteinlerinin derecesine bağlamışlardır. Yoğurdun sertliğinin artmasının temel sebebi ise TS ile boyutu küçülen yağ globüllerinin koagüle proteinlerle zenginleştirilmesidir. Protein-protein ve protein-yağ etkileşimi ile yapısı güçlenen TS ile üretilen yoğurtların 3 boyutlu ağ yapısı içinde suyu bağlama

yeteneğinin artması ile su tutma kapasitesi de artmıştır (Riener ve diğ, 2009; 2010). 3 farklı yağ bileşiminde de yoğurtlar tiksotropik ve psödoplastik davranış sergilemişlerdir. Ayrıca TS ile hazırlanan yoğurtların sinerezisi geleneksel yöntemden daha az bulunmuştur. Özellikle de düşük yağ içeriğinde daha fazla azalma saptanmıştır (Riener ve diğ, 2010).

Nguyen ve diğ. (2010), yağsız süte sıcaklık kontrollü ve kontrolsüz ultrases işlemi uygulanması ile elde edilen asit jelin özelliklerini geleneksel yöntemle (80°C-30dk) karşılaştırmışlardır. Sıcaklık 20-40°C arasında olunca işlem uygulanmış örneğe göre yüksek G' elde edilirken sıcaklık 60-70°C'ye çıktığında ise geleneksel ısıl işleme yakın G' değeri elde edilmiştir. α-LA'in denatürasyonunun β-LG'in denatürasyonundan daha uzun zaman aldığı bildirilmiştir. 70°C'de 30 dk ultrases uygulanması ile α-LA ve β-LG'in neredeyse tamamı denatüre olurken 60°C'de %70 ve %80 oranlarında denatürasyon meydana geldiği bildirilmiştir. Serum fazda ultrases süresi artıkça κ-kazein seviyesi artmış, serum proteinleri de 15 dk işlem uygulanması ile denatüre olduğundan azalmış sonra ise artış meydana geldiği bildirilmiştir. Yağsız örneklere 20°C'de 15 ve 30 dk ultrases uygulandıktan sonra 80°C-30dk ısıl işlem uygulanmıştır ve elde edilen asit jellerin G' değerinin ısıl işlem uygulanmayanlardan yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Nguyen ve diğ, 2010).

Serum proteini çözeltileri ile yapılan çalışmada önce 80°C'de 1 dk ısıl işlem, sonra %50 güçte 5 s ve 20 dk arasında ultrases uygulanmıştır ve en son olarak da 85°C'de 20 dk ısıl işlem uygulanmıştır. Sadece iki ısıl işlem uygulanan ve sadece son ısıl işlem uygulanan birer örnek de hazırlanmıştır. İki ısıl işlemin uygulandığı örnekte viskozite artarken ultrases işleminin uygulandığı örneklerde akustik kavitasyonun ürettiği fiziksel kuvvetlerden dolayı viskozite azaldığı bildirilmiştir. Isıl işlemle viskozitedeki artışta ise serum proteinlerinin ısıl işlemle agregasyonunun etkili olduğu bildirilmektedir (Ashokkumar ve diğ, 2009). Bir başka çalışmada ise iki ısıl işlem uygulanan serum proteini konsantresi çözeltileri iki ısıl işlem uygulanması ile partikül boyutu artarken denatüre serum proteinleri 65°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hidrofobik ve disülfit-tiyol interaksiyonları ile agregatlar oluşturduğu ve viskozitede artış meydana geldiği bildirilmiştir. Ultrases uygulanması sonucu kavitasyon etkisi ile partikül boyutunda ve viskozitede azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Zisu ve diğ, 2010).

Ertugay ve diğ. (2012), geleneksel yöntemle (95°C-5dk) hazırlanan yoğurtlara son üründe %40 su ve %1 tuz olacak şekilde ayran örnekleri hazırlamışlardır. Bu örneklere 20 kHz sabit frekansta %40, 60 ve 80 güçlerde (500 W maksimum güçte) 2 ve 4 dk ultrases işlemi uygulayarak ve uygulamayak örnekler hazırlamışlardır ve örnekleri 15 gün depolamışlardır. Tüm örnekler psödoplastik davranış sergilemişlerdir. Uygulanan güç ve süre arttıkça örneklerin görünen viskoziteleri artmıştır. Bu artışı serum proteini globüllerinin yeniden oluşarak suyu bağlama yeteneklerinin artmasına ve protein globüllerinin dışında aminoasitlerin hidrofilik kısımlarının yer almasına bağlamışlardır. En yüksek viskozite ve en düşük serum ayrılması %80 güçte 4 dk işlem uygulanması ile elde edilmiştir. Reolojik özelliklere benzer şekilde serum ayrılması da uygulanan güç ve süre arttıkça azalmıştır. Serum ayrılmasında azalmayı kavitasyonun iyi bir emülsiyon oluşturması ile ilişkilendirmişlerdir (Ertugay ve diğ, 2012).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada piyasadan ve firmalardan temin edilen sütler kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşaması olan kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde kullanılan pastörize homojenize yağlı sütler piyasadan, pastörize yağsız süt ise Tat Konserve Sanayi A.Ş. (Bursa)'den temin edilmiştir. Homojenizasyon etkisi çalışması için kullanılan homojenize edilmiş ve edilmemiş pastörize yağlı süt Ak Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Sakarya)'den temin edilmiştir. Çalışmanın son aşaması olan uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde ise piyasadan temin edilen pastörize homojenize yağlı süt kullanılmıştır. Fermente süt içeceği üretiminde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* karışımı liyofilize kültür (DVS YC-350, Peyma-Chr. Hansen, İstanbul) kullanılmıştır. Fermente süt içeceği üretiminde ayrıca saf su ve piyasadan temin edilen iyotsuz tuz kullanılmıştır.

3.2 Yağlı ve Yağsız Sütün Bileşiminin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan pastörize homojenize yağlı ve yağsız sütlerin kuru madde (% kuru madde olarak) ve Gerber yöntemi ile yağ miktarı (% olarak, g yağ/ 100 ml süt) Metin ve Öztürk (2002)'e göre belirlenmiştir.

3.3 Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Uygulanması

Fermente süt içecekleri üretiminde kullanılan yüksek güçlü ultrases cihazı (UP400S, Hielscher, Almanya) 400 W maksimum güce ve 24 kHz frekansa sahiptir. Analizlerde maksimum enerji yoğunluğu 85 W/cm^2 ve genliği 100 μm olan 22 mm çapında titanyum prob (H22D, Hielscher, Almanya) kullanılmıştır. Probun kapasitesine göre 500 mL süt metal bir kap içerisine konularak prob sütün içinde 3 cm derinliğe kadar daldırılmıştır. Süt sıcaklığının 20°C olması gereken durumda su banyosunda 40°C'de ön ısıtmaya tabi tutulmuştur ve ardından çalışma sıcaklığına soğutulmuştur. İşlem sıcaklığı 50 ya da 60°C olan sütler ise bu sıcaklığına getirilerek

ultrases işlemi uygulanmıştır. İşlemin uygulandığı kap su veya buzlu su banyosunda tutularak örnek sıcaklığı en fazla ±2°C değişecek şekilde sabit tutulmuştur. Örneğe farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve süre (10-30dk) kombinasyonlarında ultrases işlemi uygulanmıştır. Ultrases işleminin 60°C sıcaklıkta uygulandığı örneklerin özelliklerinde meydana gelen değişime sıcaklık ve ultrases etkisini ayrı ayrı belirleyebilmek için 60°C-10dk ve 60°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekler hazırlanmıştır. Çalışmada örneğe uygulanan ısıl işlemler su banyosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.4 Çalışma Planı

Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde yüksek sıcaklıkta ısıl işleme alternatif olarak kullanılıp kullanılamayacağı, ürünün kalite özelliklerine ve raf ömrüne etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, pastörize ve homojenize süte ultrases işlemi uygulanmış ve bu sütten kısa ömürlü fermente süt içecekleri yağlı ve yağsız sütler kullanılarak tuzlu ve tuzsuz olarak üretilmiştir. Kontrol örneği olarak geleneksel ayran üretiminde uygulanan yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (85°C-30dk) uygulanmış örnek hazırlanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında yüksek güçlü ultrases işleminin homojenizasyon etkisini belirlemek için de tuzsuz olarak fermente süt içeceği hazırlanmıştır. Kontrol örneğinin hazırlanmasında süte uygulanan geleneksel homojenizasyon işlemi (5-15 MPa basınç ve 60°C'de sıcaklık) uygulanarak homojenize edilmiş pastörize süt kullanılmıştır. Pastörize edilmiş ve homojenize edilmemiş süte ultrases işlemi (%25 ve %100 güçte, 50°C'de 10 dk) ile homojenizasyon uygulanmıştır. Ultrases ve geleneksel homojenizasyon yöntemi ile homojenize edilmiş sütlerden fermente süt içeceği üretilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında ise uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin üretiminde kullanılan pastörizasyon işlemine alternatif olarak yüksek güçlü ultrases işleminin kullanılabilme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yağlı sütten tuzlu ve tuzsuz olarak fermente süt içecekleri üretilmiş ve son ürüne ultrases işlemi uygulanmıştır. Kontrol örneği olarak uzun ömürlü ayran üretiminde uygulanan pastörizasyon (70°C/10dk) uygulanmış bir örnek hazırlanmıştır.

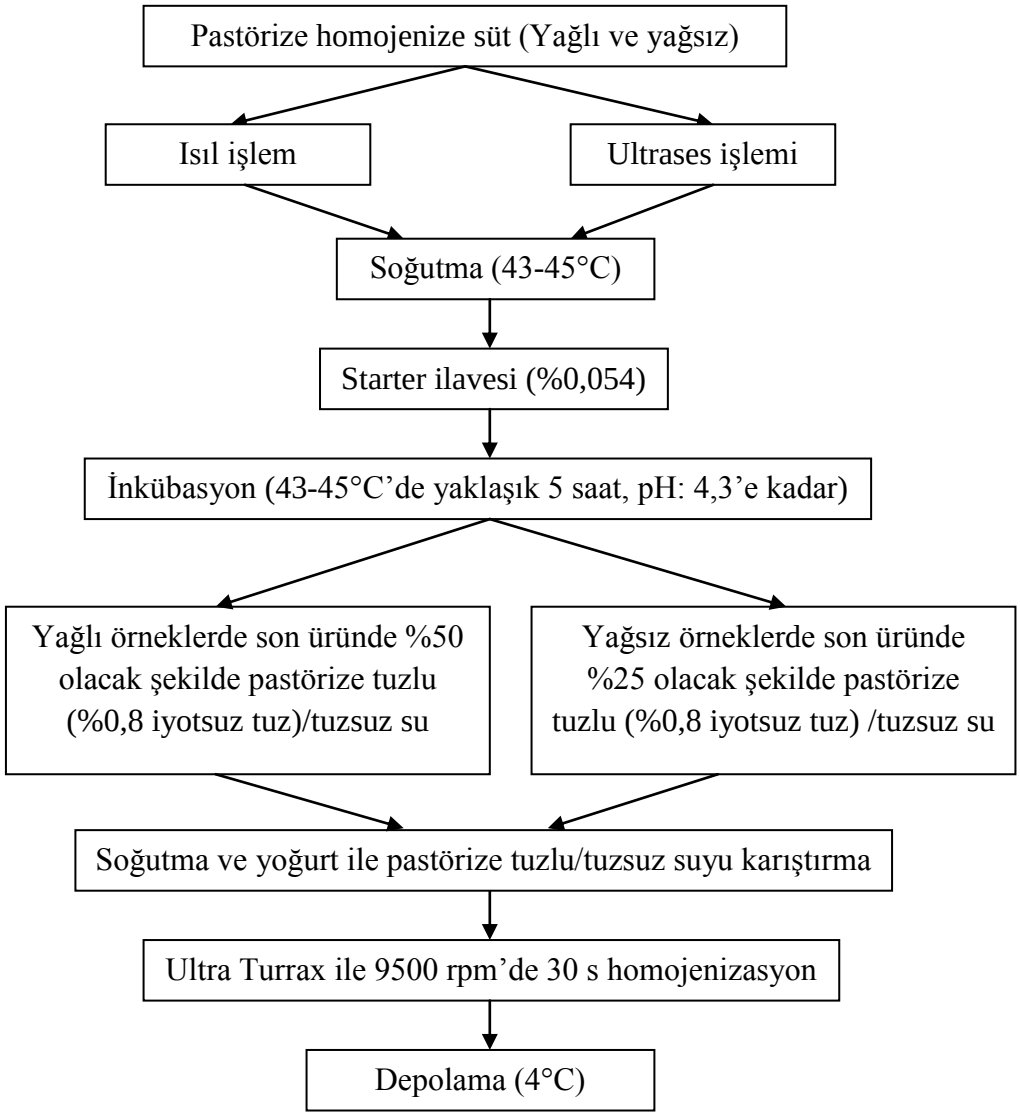
Kısa ve uzun ömürlü fermente süt içecekleri hazırlanırken kullanılan tüm malzemeler ve depolanmasında kullanılan tüm kavanoz, tüp ve mezürler antimikrobiyal suda (Suma Chlor, Egemen Tıbbi San. ve Dış Tic. Ltd. Şti, İstanbul) 5 dk bekletildikten sonra kullanılmıştır.

3.5 Fermente Süt İçeceklerinin Hazırlanması

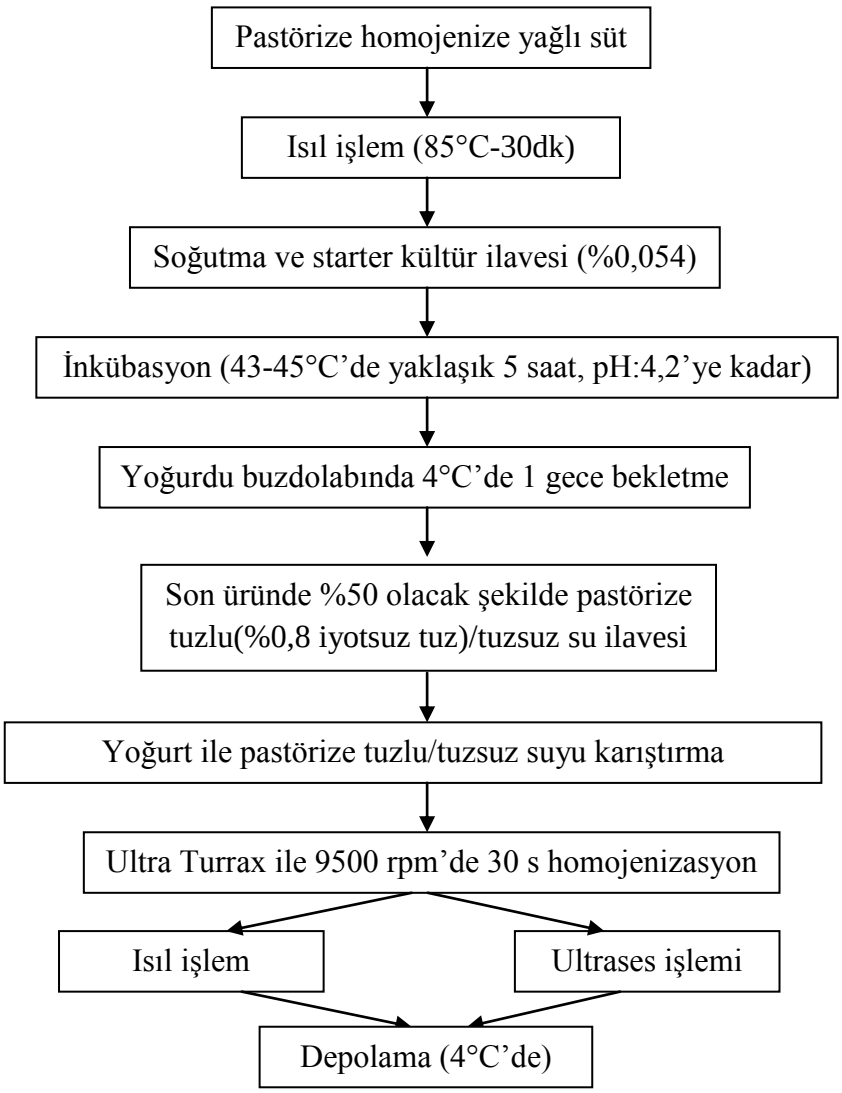
Kısa ömürlü fermente süt içecekleri pastörize ve homojenize yağlı ve yağsız sütler kullanılarak yağlı ve yağsız, tuzlu ve tuzsuz olmak üzere 4 farklı bileşimde hazırlamıştır. Çalışmada hazırlanan kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin üretim akım şeması Şekil 3.1'de verilmektedir. Fermente süt içecekleri laktik asit starter kültürleri ile elde edilen 500 mL yoğurda su veya tuzlu su eklenerek hazırlanmıştır. Starter kültür 0,27 g tartılarak oda sıcaklığındaki (20-22°C) 50 mL sterilize süte eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 30 dakika süreyle karıştırılarak kültür aktivasyonu sağlanmıştır. Süt 43°C'ye getirilmiş ve son üründe %0,054 kültür olacak şekilde starter kültür ilavesi yapılmıştır. Homojen karışımın sağlanması amacıyla manyetik karıştırıcıda 10 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karıştırılan sütler pH değeri 4,3 oluncaya kadar 43°C'de etüvde yaklaşık 5 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda elde edilen yoğurda son üründe yağlı içecekte %50 oranında, yağsız içecekte %25 oranında olacak şekilde distile su eklenmiştir. Yağlı içeceklerde en seyreltik içecek hedef alınarak %50 oranında su eklenmiştir ve yağsız kuru maddesi %4,3 olarak belirlenmiştir. Yağsız içeceklerde yapının uygun olmamasından dolayı su oranı azaltılmıştır ve son ürünün yağsız kuru maddesi %6,2'ye ayarlanmıştır. Tuzlu örneklerde son üründe %0,8 oranında tuz olacak şekilde tuzlu su eklenmiştir. Su ve tuzlu su karışımları 60°C sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika süreyle pastörize edilip soğutulduktan sonra 4°C'ye soğutulmuş ve yoğurda eklenmiştir. Elde edilen karışımlar 9500 rpm hızda 30 saniye süreyle homojenize edilmiş (Ultra Turrax T18 Janke&Kantel GMBH Co, Almanya) ve 4°C'de depolanmıştır.

Uzun ömürlü fermente süt içecekleri pastörize homojenize yağlı sütten tuzlu ve tuzsuz olarak üretilmiştir ve üretim akım şeması Şekil 3.2'de verilmektedir. Uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde son pH 4,2 olacak şekilde fermentasyon yapılmıştır. Örnek sayısı çok olduğundan ve tüm örnekleri hazırlamak için gereken sürede sütün bozulması söz konusu olacağından önce yoğurt üretilmiş, 1 gece 4°C'de

bekletildikten sonra son üründe %50 olacak şekilde su eklenerek fermente süt içecekleri hazırlanmıştır. Bu işlemlerden sonra içeceğin pH'sı 4,1 olmuştur. Hazırlanan fermente süt içecekleri 4°C'de depolanmıştır.



Şekil 3.1 : Kısa ömürlü fermente süt içeceği üretim aşamaları.



Şekil 3.2 : Uzun ömürlü fermente süt içeceği üretim aşamaları.

3.5.1 Yüksek güçlü ultrases işleminin homojenizasyon etkisini belirlemek için kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin hazırlanması

Homojenize edilmiş pastörize süt ve homojenize edilmemiş pastörize sütten 500'er mL alınmıştır. Geleneksel homojenizasyon ile ultrases ile homojenize edilen örneklere ısıl işlem (85°C-30dk) uygulanmıştır. Süt 43°C'ye getirilmiş ve son üründe %0,054 kültür olacak şekilde starter kültür ilavesi yapılmıştır. Homojen karışımın sağlanması amacıyla manyetik karıştırıcıda 10 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karıştırılan sütler pH değeri 4,3 oluncaya kadar 43°C'de etüvde yaklaşık 5 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda elde edilen yoğurda son üründe %50 olacak şekilde pastörize su ilave edilmiştir ve 9500 rpm hızda 30 s homojenize edilmiştir (Ultra Turrax T18 Janke&Kantel GMBH Co, Almanya). Fermente süt içecekleri 4°C'de depolanmıştır.

Hazırlanan tüm fermente süt içeceklerinin depolama boyunca kimyasal özellikleri, duyusal yapı özellikleri ve meydana gelen serum ayrılması belirlenmiştir. Reolojik özellikler depolamanın ilk gününde ölçülmüştür. Uygulanan tüm işlemler 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.6 Yüksek Güçlü Ultrases İşlemi Uygulanması ile Üretilen Fermente Süt İçeceklerinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Yapı Özelliklerinin Belirlenmesi

3.6.1 Kimyasal özellikler

pH: Hazırlanan fermente süt içeceklerinden 30 mL örnek alınarak 4°C'de pHmetre ile (pH330i, WTW 82362, Almanya) pH değeri belirlenmiştir.

Titrasyon asitliği: Hazırlanan fermente süt içeceğinden 20 mL bir erlene alınmış ve örneğin iki katı hacminde saf su ilave edilmiştir. Üzerine 2 ml fenolftaleyn eklendikten sonra 0,1 M NaOH ile kalıcı pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Sonuç % laktik asit olarak hesaplanmıştır. Titrasyonda harcanan 1 mL 0,1 M NaOH miktarı 0,0090 g laktik asit eş değeridir (AOAC, 2002).

3.6.2 Serum ayrılması

Fermente süt içeceklerinin serum ayrılması Köksoy ve Kılıç (2003)'ın metotları adapte edilerek belirlenmiştir. Fermente süt içecekleri 50 mL'lik kapaklı cam mezürlerde (1,9 cm iç yarıçap, 2,5 cm dış çap, 12,5 cm yükseklik, 1 mL=0,25 cm) 4°C'de depolanmış ve mezürde oluşan serumun hacmi mL olarak depolama sürelerinin belirli günlerinde ölçülmüştür.

3.6.3 Reolojik özellikler

Reolojik özellikler reometre (Haake Rotovisco RT20, Almanya) kullanılarak eşeksenli rotor ve hazneden oluşan silindirik sensör sistemi (Z40 DIN Ti, Haake Rotovisco RT20, Almanya) ile belirlenmiştir. Ölçümler örnekler hazırlandıktan bir gün sonra gerçekleştirilmiştir. Depolanan örneklerden homojen bir karışım elde edebilmek için manyetik karıştırıcı ile düşük hızda karıştırma işlemi yapılmıştır. Su banyosu kullanılarak örneğin sıcaklığı 4±1°C'de sabit tutulmuştur ve termal dengenin sağlanması için 65,4 mL örnek hazneye konduktan sonra 15 dk bekletilmiş ve sonrasında ölçümler alınmıştır. Ölçümlerde kullanılan sensörün özellikleri ise

şöyledir; rotor Z40, rotor yarıçapı 20 mm, hazne yarıçapı 21,70 mm ve hazne ve rotor arası mesafe 1,7 mm'dir.

Ölçümler, 0-500 s^{-1} kayma hızı aralığında 5 dk kayma hızı artırılarak ve 5 dk kayma hızı azaltılarak yapılmış ve bu artan ve azalan kayma hızlarında kayma gerilimi ve viskozite ölçülmüştür. 5 dk kayma hızı artırılarak çıkış eğrileri ve 5 dk kayma hızı azaltılarak iniş eğrileri belirlenmiştir. Grafiklerdeki iniş ve çıkış eğrileri arasında kalan alan tiksotropi olup cihazın program yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Ağızdaki kayma hızına yakın olduğu için 50 s^{-1} kayma hızındaki viskozite görünür viskozite olarak belirlenmiştir (Bourne, 2002; Köksoy ve Kılıç, 2003). Fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri lineer olmayan regresyon yöntemi ile ve SPSS 10.0 (SPSS Inc, United States) istatistik programında çıkış eğrileri verileri kullanılarak üslü yasa modeli (Eşitlik 3.2) ile belirlenmiştir.

$$\sigma=k\gamma^{n} \quad \textbf{(3.1)}$$

Eşitlikte k kıvam katsayısı, σ kayma gerilimi, γ kayma hızını ve n akış davranış indeksini göstermektedir.

3.6.4 Duyusal analiz

Duyusal analizler, her oturumda 9-12 panelist ile duyusal analiz laboratuarında tanımlayıcı duyusal analiz metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Lawless ve Heymann, 1998). Panelistlere buzdolabında bekletilen 4 farklı örnek rastgele sayıyla (Meilgaard, 2007) kodlanmış şekilde sunularak örneklerin yapı özelliklerini verilen 0-7 skalasına (0: yok, 7: aşırı) göre tanımlamaları istenmiştir (Ek A). Örneklerin her biri saydam bardakta rastgele sıralanarak panelistlere verilmiş ve bu sıraya göre değerlendirme yaptırılmıştır. Örnekler arası geçişlerde ağızda kalabilecek tadı gidermek amacıyla kraker ve su kullanılmıştır. Analizler 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.7 İstatistiksel Analiz

Çalışma boyunca üretilen kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin pH, titrasyon asitliği, serum ayrılması ve duyusal yapı özellikleri üzerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi iki yollu Anova yöntemi ile belirlenmiştir. Kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin viskozite, tiksotropi, akış davranış indeksi

ve kıvam katsayısı üzerine uygulanan işlemin etkisi tek yollu Anova yöntemi ile incelenmiştir. İşlemler arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Farklılıklar 0,05 önem düzeyinde belirlenmiştir. İstatistiksel analizler Minitab 12.2 (Minitab, A.B.D) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Sütün Bileşimi

Çalışmanın 3 aşamasında kullanılan sütün kuru madde ve yağ bileşimi Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. I. aşamada kullanılan sütten kısa ömürlü fermente süt içeceği, II. aşamada kullanılan sütten ultrases işleminin homojenizasyon etkisini belirlemek için kısa ömürlü fermente süt içeceği ve III. aşamada kullanılan sütten de uzun ömürlü fermente süt içeceği üretilmiştir. II. aşamada kullanılan homojenize edilmiş ve homojenize edilmemiş sütlerin bileşimi aynıdır.

Çizelge 4.1 : Çalışmada kullanılan pastörize yağlı ve yağsız sütlerin bileşimi.

Bileşen (%)	I. Aşama		II. Aşama	III. Aşama
	Yağlı	Yağsız	Yağlı	Yağlı
Kuru madde	11,6±0,1	8,3±0,0	13,0±0,2	10,7±0,1
Yağ	3,1±0,0	0,1±0,0	3,6±0,0	3,3±0,1

4.2 Ultrases İşleminin Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceği Üretiminde Uygulanması

Kısa ömürlü fermente süt içeceği 4 farklı bileşimde üretilmiştir. Pastörize yağlı ve yağsız sütlerden tuzlu ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içecekleri üretilmiştir. Üretilen tüm örneklerin bazı kimyasal özellikleri (pH ve titrasyon asitliği), serum ayrılması ve duyusal yapı özellikleri depolama boyunca saptanmıştır. Reolojik özelliklerde depolama boyunca önemli bir değişim meydana gelmediği daha önceki çalışmalarda belirlendiğinden sadece depolamanın 1. gününde ölçüm yapılmıştır. Başka çalışmalarda da; ayranın viskozite değerlerinde depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde viskozite değerlerinde önemli bir değişim gözlenmediği bildirilmiştir (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010a; 2010b; 2010c).

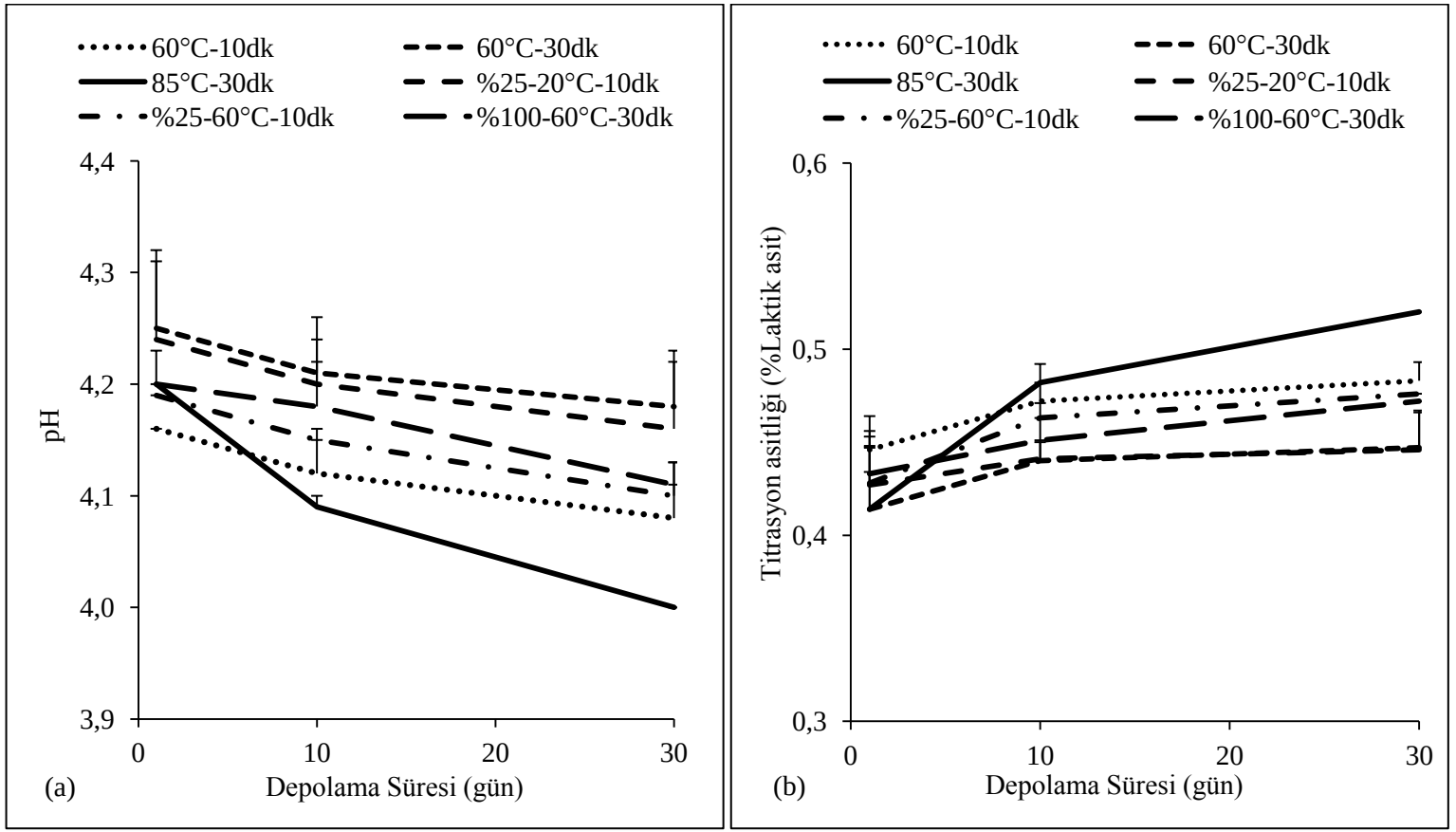
4.2.1 Ultrases işleminin yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi

Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %5,8, yağ oranı %1,6 ve ilave edilen tuz oranı %0,8'dir.

4.2.1.1 Kimyasal özellikler

Pastörize homojenize yağlı süt kullanılarak tuzlu olarak üretilen kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal özelliklerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.1). Fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük pH değeri 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte gözlenirken en yüksek pH değeri 60°C-30dk ısıl işlem ve %25güç-20°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örneklerde saptanmıştır (Şekil 4.1a; Çizelge C.1). Titrasyon asitliğinde de pH değerine ters orantılı olarak depolama sonunda en yüksek asitlik 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Depolama sonunda örnekler arasındaki en düşük asitlik ise 60°C-30dk ısıl işlem ve %25güç-20°C-10dk uygulanan örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.1b; Çizelge C.2). En önemli değişimin yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanan örnekte elde edilmesi, ısıl işlemin starter kültür gelişimini teşvik edici etkisi olduğunu işaret etmektedir. Bu etki ısıl işlemin sütteki rekabetçi florayı azaltması ve starter bakterilerin gelişimi için daha uygun bir ortam sağlaması (bazı aminoasitlerin serbest hale geçmesi, serbest oksijen miktarının azalması) ile ilişkili olabilir (Robinson ve diğ, 2006; Özer, 2006). Depolama sonunda 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğe en benzer pH değerini ve asitliği %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerin verdiği belirlenmiştir.

Depolama boyunca pH değerinde azalma gözlenirken titrasyon asitliğinde de bir artış gözlenmiştir. Depolama boyunca meydana gelen pH değerindeki azalış önemli bulunurken titrasyon asitliğindeki en önemli artış depolamanın 10. gününde meydana gelmiştir. Depolama süresinde meydana gelen değişim starter bakterilerin depolama boyunca aktivitelerinin devam ettiğini göstermektedir. Köksoy (2003) yaptığı çalışmasında farklı su ve tuz konsantrasyonlarında hazırladığı ayran örneklerinde 15 günlük depolama boyunca kültürlerin aktivitelerine bağlı olarak pH değerinde azalış ve asitlikte artış gözlemlemiştir. Benzer şekilde süte farklı ısıl işlem uygulanması ile

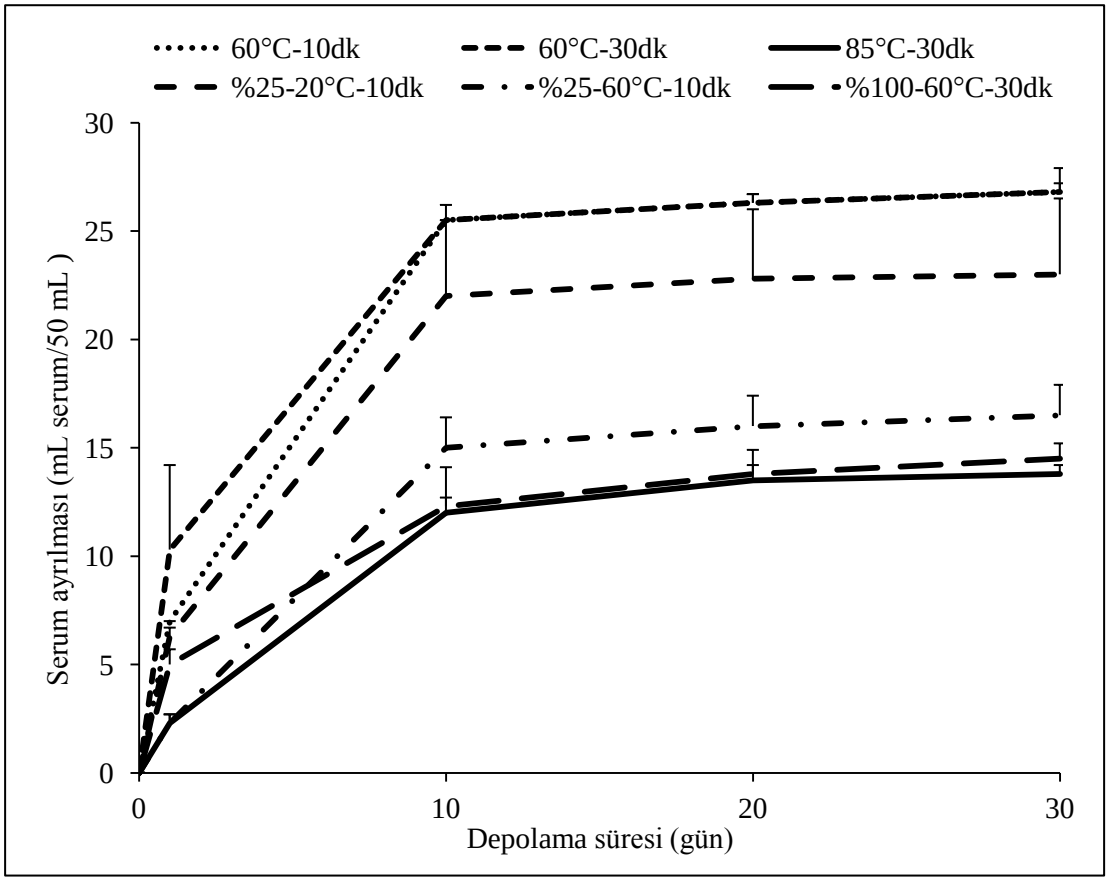


Şekil 4.1: Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği (%laktik asit).

yapılan bir çalışmada üretilen ayran örneklerinde depolama boyunca pH değerinde azalma ve asitlikte ise artış gözlenmiştir (Tamuçay-Özünlü, 2010c). Serra ve diğ. (2009), yüksek basınç ve ısı uygulanan yoğurt örneklerinde 28 günlük depolama boyunca starter bakterilerin kalıcı metabolik aktivitelerinin sonucu olarak asitliğin arttığını bildirmişlerdir.

4.2.1.2 Serum ayrılması

Fermente süt içeceklerinde gözlenen serum ayrılmasına uygulanan işlem ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.1). Farklı ultrases işlemleri ve ısıl işlem uygulanarak hazırlanan fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük serum ayrılması 85°C-30dk ısıl işlem ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde saptanmıştır ve bu örnekler %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnek ile benzer bulunmuştur (Şekil 4.2; Çizelge D.1). Bu örneklerde serum proteini denatürasyonuna bağlı olarak yapıda protein-protein ve protein-yağ interaksiyonu sonucunda serum ayrılması azaltılmış olabilir.



Şekil 4.2 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Yapılan çalışmalarda yüksek güçlü ultrases uygulanmasının yoğurdun su tutma kapasitesini geleneksel ısıl işleme göre protein-protein ve protein-yağ interaksiyonlarına bağlı olarak artırdığı (Riener ve diğ, 2009; 2010) ve sinereziste azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Riener ve diğ, 2010). Yüksek basınç uygulaması (200-300 MPa, 45°C) ve geleneksel yöntemle (90°C-90s) hazırlanan yoğurtlardan yüksek basınç uygulananların su tutma kapasitelerinin daha yüksek olduğu ve sinerezisin azaldığı belirlenmiştir (Serra ve diğ, 2009).

Yoğurtta yüksek güçlü ultrases işleminin homojenizasyon amacıyla uygulandığında yağ globüllerinin çapını daha fazla küçülterek yağ globül membran yüzeyinin arttığını ve artan yüzeye hidrofilik özellikte pek çok kazein bağlandığından su tutma kapasitesinin arttığı bildirilmiştir (Şengül ve diğ, 2009). Benzer şekilde manotermosonikasyon uygulamasının da yoğurtta ayrılan serum miktarını (%14,8) geleneksel yönteme göre (%18,8) azalttığı bildirilmiştir (Vercent ve diğ, 2002).

Düşük sıcaklıkta (60°C-30dk ve 60°C-10dk) ısıl işlem uygulanan örneklerde ise depolama sonunda en fazla serum ayrılması gözlenmiştir. %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekte düşük sıcaklıkta ısıl işlem uygulanan örneklere benzer oranda serum ayrılması meydana gelmiştir. 60°C ısıl işlem ve ultrases işlemi birlikte uygulandığında 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğe benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar serum proteinlerinin denatürasyonu ile açıklanabilir.

Depolama boyunca serum ayrılmasında artış meydana gelmiştir ve en önemli artış depolamanın 10. günde gözlenmiştir. Depolamanın diğer günlerinde serum ayrılmasındaki artış farklı bulunmamıştır. Depolama süresince kazein partiküllerinin birleşmesi ve çökmesi sonucunda serum ayrılmasında artış gözlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da ayranda 14-15 günlük depolama süresinde serum ayrılmasında artış meydana geldiği bildirilmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2004; Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010a; 2010b; 2010c). Meydana gelen artışların uygulanan homojenizasyon basıncı, sıcaklık ve son pH değerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010a; 2010b; 2010c).

4.2.1.3 Reolojik özellikler

Fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.1). Yağlı sütlerden üretilen tuzlu fermente süt içeceklerinde en yüksek görünür viskozite %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekte

saptanmıştır. 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğin görünür viskozitesine en yakın görünür viskoziteye %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekte ulaşılmıştır. Ultrases işleminin %25güç-20°C-10dk uygulandığı örneğin görünür viskozitesi daha düşük bulunmuştur ve kontrol amaçlı yapılan düşük sıcaklıkta uygulanan ısıl işlemlerin sağladığı görünür viskoziteden farklı bulunmamıştır (Çizelge 4.2). 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte meydana gelen serum proteinleri denatürasyonunun 60°C sıcaklıkta %25 güçte ultrases işlemi uygulanmasıyla hazırlanan örneklerde meydana geldiği düşünülmektedir. Yine 60°C sıcaklıkta %100 güçte ultrases uygulanan örnekte homojenizasyon işleminin de etkisiyle daha fazla protein-protein interaksiyonları ve protein-yağ kompleksinin oluşumunun etkisiyle görünür viskozitede artışa sebep olabileceği belirlenmiştir.

Yağsız süte ultrases uygulanmasında sıcaklığın 20-40°C'den 60-70°C'ye çıkması ve sürenin artması ile asit jellerin G' değerlerinin geleneksel yöntemle (80°C-30dk) hazırlanan asit jellere yaklaştığı bildirilmiştir (Nguyen ve diğ, 2010).

Yapılan bir çalışmada süte 3 farklı sıcaklıkta (75, 85 ve 95°C'de 5 dk) ısıl işlem uygulanarak hazırlanan ayran örneklerinde viskozitenin uygulanan sıcaklığın artması ile proteinlerin hidrofilik özellik kazanmasına ve serum proteini denatürasyon oranının artmasına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010c). Süte 3 farklı homojenizasyon basıncı uygulaması ile üretilen ayran örneklerinde basınç arttıkça örneklerin viskozitelerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir (Tamuçay-Özünlü ve Koçak, 2010a).

Örnekler arasında en yüksek kıvam katsayısı %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekte saptanmıştır. Bu örneği %25güç-60°C-10dk ultrases ve 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekler takip etmiştir. En düşük akış davranış indeksi %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekte saptanmıştır ve bu örnek 85°C-30dk ısıl işlem ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklere benzer bulunmuştur. Diğer örneklerin ise daha düşük kıvam katsayısı ve daha yüksek akış davranış indeksine sahip oldukları belirlenmiştir.

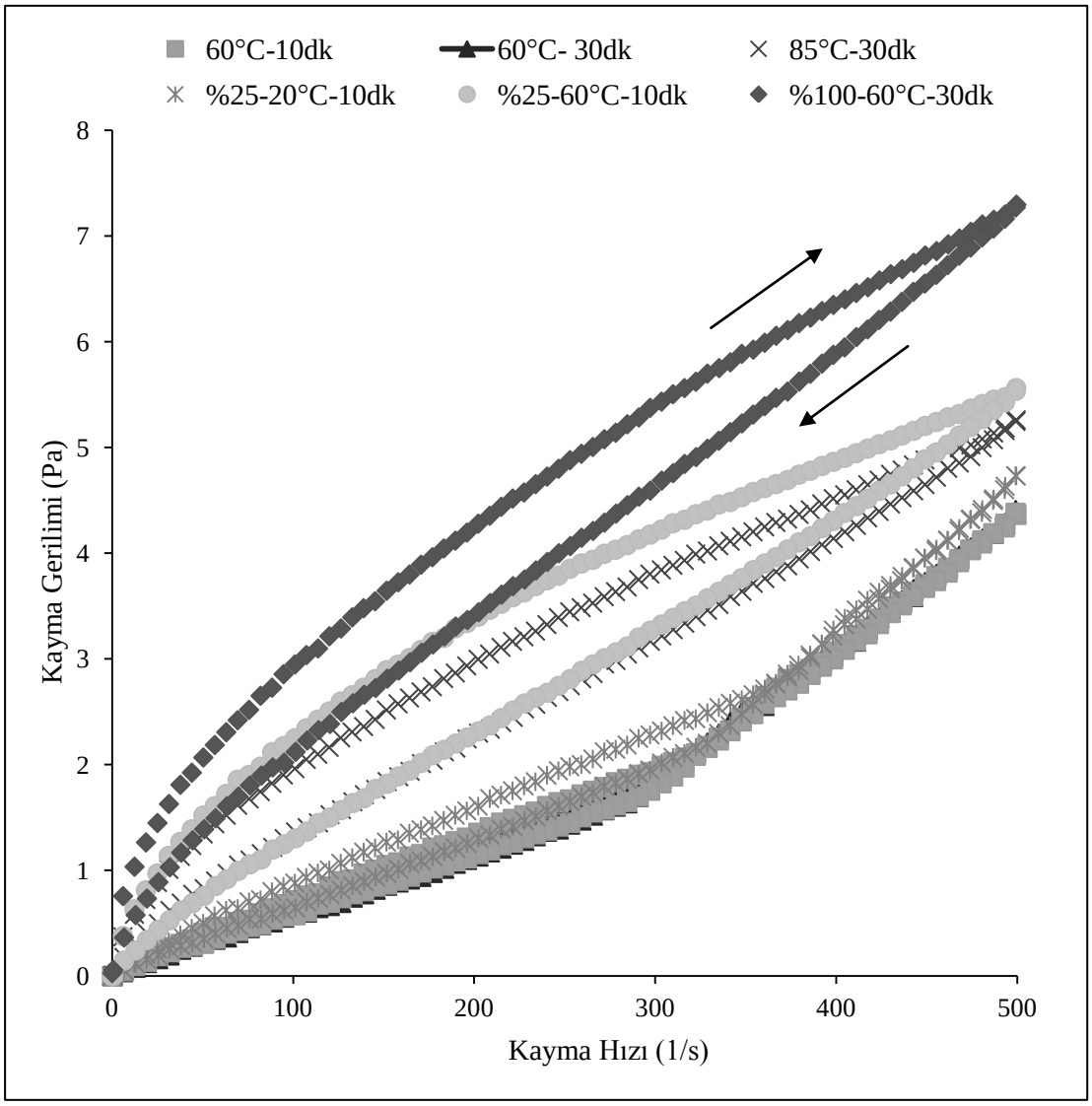
Tiksotropi kayma hızı ile kayma geriliminin değişimi grafiğinde de görüldüğü gibi değişen kayma hızında iniş ve çıkış kayma gerilimi eğrileri arasında kalan alan ile hesaplanmaktadır. Örneklerin kayma geriliminin ve tiksotropisinin uygulanan işleme göre değiştiği belirlenmiştir. Fermente süt içeceklerinde en yüksek tiksotropiye

Çizelge 4.2 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	60	10	8,1±0,6^{a}	55,9±3,3^{a}	10,5±0,2^{a}	0,92±0,00^{d}
-	60	30	7,7±0,7^{a}	47,7±4,8^{a}	10,1±0,94^{a}	0,92±0,01^{d}
-	85	30	26,7±0,4^{b}	253,5±4,05^{b}	125,8±4,1^{b}	0,60±0,01^{b}
25	20	10	9,9±0,4^{a}	91,0±5,7^{a}	15,7±0,7^{a}	0,87±0,01^{c}
25	60	10	30,1±0,8^{b}	380,6±15,6^{c}	156,4±9,8^{c}	0,58±0,01^{ab}
100	60	30	40,9±7,1^{c}	317,3±67,4^{bc}	210,8±13,6^{d}	0,56±0,01^{a}

a-d: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

%25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekte gözlenmiştir ve 85°C-30dk ısıl işlem ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ile benzer bulunmuşlardır. Diğer işlemlerin uygulandığı örnekler ise düşük tiksotropiye sahiptir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

Fermente süt içeceklerinin akış davranış indekslerine bakılarak tüm örneklerin psödoplastik davranış sergilediği, ancak 20°C'de ultrases uygulanan örneğin akış davranış indeksinin diğer örneklerinkinden daha yüksek olduğu ve Newton tipi davranışa yaklaştığı gözlenmiştir. Kayma hızı-kayma gerilimi grafiğinde de artan kayma hızında kayma incelmesi meydana gelmiştir. Şekil 4.3'ten 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğin ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneğin benzer

eğilim gösterirken %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneğin artan kayma hızında daha yüksek kayma gerilimine sahip olduğu saptanmıştır.

Düşük sıcaklıkta ısıl işlem (60°C-10dk ve 60°C-10dk) uygulanan örnekler ultrasesin etkisi olmadan reolojik özelliklerde bir iyileşme sağlamamıştır. Aynı zamanda %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek ile düşük sıcaklıkta ısıl işlemlerin uygulandığı örnekler benzer bulunduğundan sıcaklığın ultrases ile kombine halde kullanıldığında etkinliğinin arttığı ve ultrases işleminin de tek başına yetersiz kaldığı söylenebilir.

Riener ve diğ. (2010) 3 farklı yağ bileşimindeki ultrases işlemi ve geleneksel ısıl işlem uyguladıkları sütten hazırladıkları yoğurtların tiksotropik ve psödoplastik davranış sergilediklerini bildirmişlerdir Manotermosonikasyon işlemi ile homojenize edilen sütten üretilen yoğurtların da psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir (Vercent ve diğ, 2002). Masson ve diğ. (2011), yüksek basınç uygulaması ile hazırlanan fermente süt içeceklerinin tiksotropik ve psödoplastik davranış sergilediklerini bildirmişlerdir. Uygulanan ısıl işlemin, örneğin bileşiminin, stabilizör madde kullanımının ve üretim koşullarının fermente ürünlerin reolojik davranışları üzerinde etkili oldukları bildirilmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2004; Köksoy ve Kılıç, 2003; Özdemir ve Kılıç, 2004; Özen ve Kılıç, 2009; Penna ve diğ, 2001; Oliveira ve diğ, 2002).

4.2.1.4 Duyusal özellikler

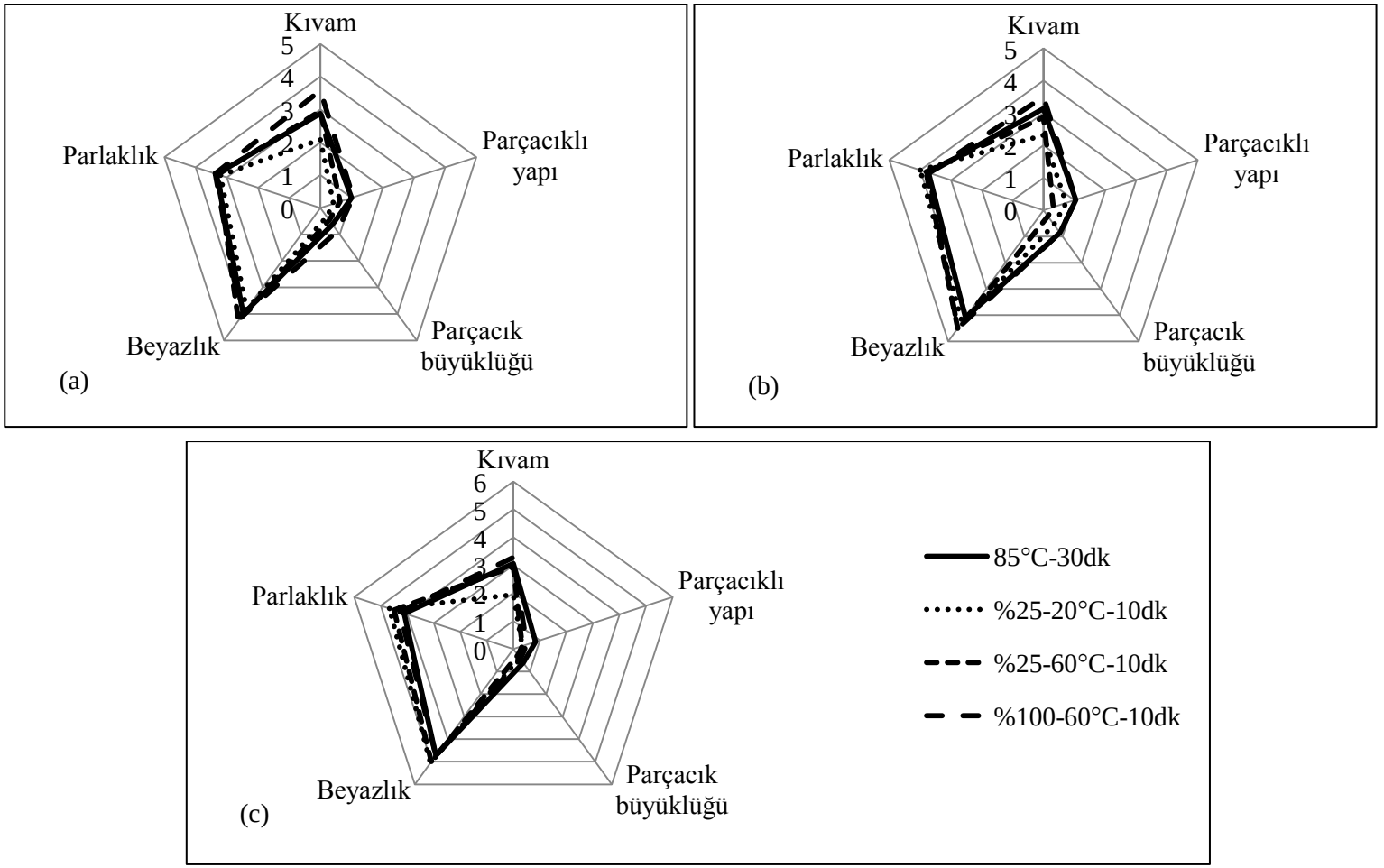
Panelistlerin yaptıkları değerlendirmeler sonucunda kıvam, parçacıklı yapı ve parçacık büyüklüğü özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuşken beyazlık ve parlaklığa depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.2). Fiziksel ve kimyasal analizler için depolanan örneklerde 30. günde bazı örneklerde yapıda sünme ve küflenme gözlendiği için kısa ömürlü örneklerde duyusal analiz 20 gün yapılmıştır.

Panelistler %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örneğin kıvamının en düşük olduğunu belirlemişlerdir. 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örneğin kıvamı ile %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin kıvamı ise benzer bulunmuştur (Şekil 4.4; Çizelge E.1). Reometre kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda en düşük kıvama %25güç20°C-10dk ultrases uygulanan örnek ve en yüksek kıvama ise %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnek sahip

olmuştur ve 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnek ile en benzer sonucu %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnek vermiştir (Çizelge 4.2).

Örnekler arasında parçacıklı yapı en az %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekte en çok ise 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte gözlenmiştir. Ancak tüm örnekler dikkate alındığında parçacıklı yapı ve parçacık büyüklüğü açısından örneklerin benzer oldukları belirlenmiştir. Örneklere yoğurt ve suyun karıştırılmasından sonra homojenizasyon uygulanması parçacıklı yapı ve parçacık büyüklüğünde önemli bir değişim meydana gelmemesini açıklamaktadır.

Fermente süt içeceklerinin beyazlık ve parlaklık özelliklerine uygulanan işlemlerin önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince beyazlık ve parlaklık puanlarında artış gözlenmiştir. Bu artış beyazlıkta depolamanın 20. gününde önemli düzeyde bulunmuşken parlaklıkta depolamanın tüm günlerinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.4 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içecekelerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri. (a): 1. gün, (b):10. gün, (c): 20. gün.

4.2.2 Ultrases işleminin yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi

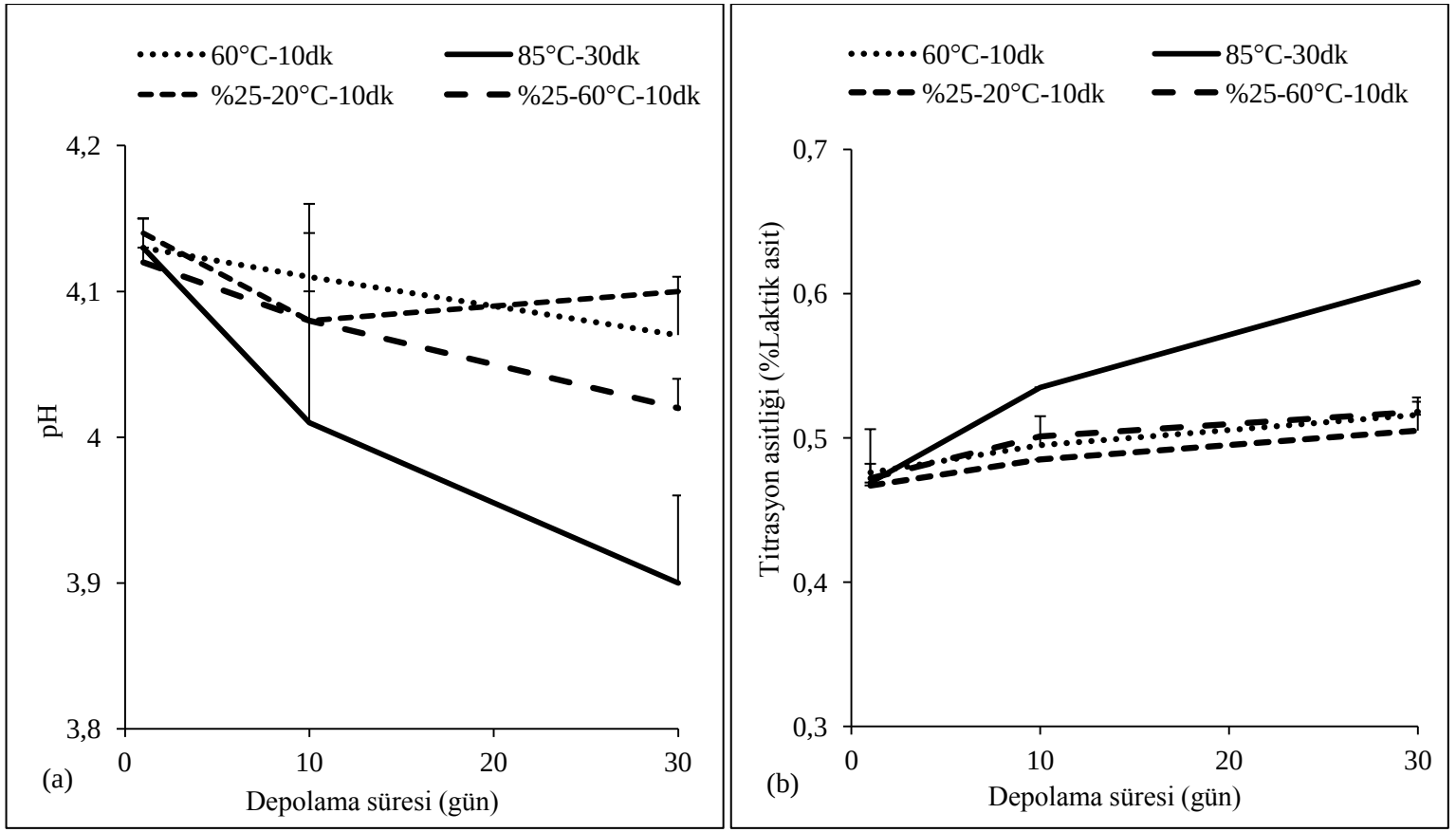
Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %5,8 ve yağ oranı %1,6'dir.

4.2.2.1 Kimyasal özellikler

Kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin pH değeri ve titrasyon asitliğine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisinin önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge B.3). Yağlı sütlerden üretilen tuzsuz fermente süt içeceklerinde depolama sonunda 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnek en düşük pH değerine sahiptir ve 60°C-10dk ısıl işlem ve %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekler en yüksek pH değerine sahip olmuşlardır. Depolama sonunda 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örneğin pH değeri ile %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneğin pH değeri benzer bulunmuştur (Şekil 4.5a; Çizelge C.3). Titrasyon asitliği, pH değeri ile ters orantılı olarak değişmiştir. Ancak titrasyon asitliğinde depolama sonunda sadece 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnek farklı bulunmuştur (Şekil 4.5b; Çizelge C.4).

Örnekler depolamanın 1. gününde en yüksek pH değerine sahip bulunmuştur ve depolama süresince pH değerinde sürekli bir azalma gözlenmiştir. pH değerindeki en önemli azalma depolamanın 10. gününde meydana gelmiştir. Benzer olarak titrasyon asitliğinde de depolamanın ilk gününde örnekler en düşük asitliğe sahipken depolama boyunca önemli düzeyde bir artış meydana gelmiştir.

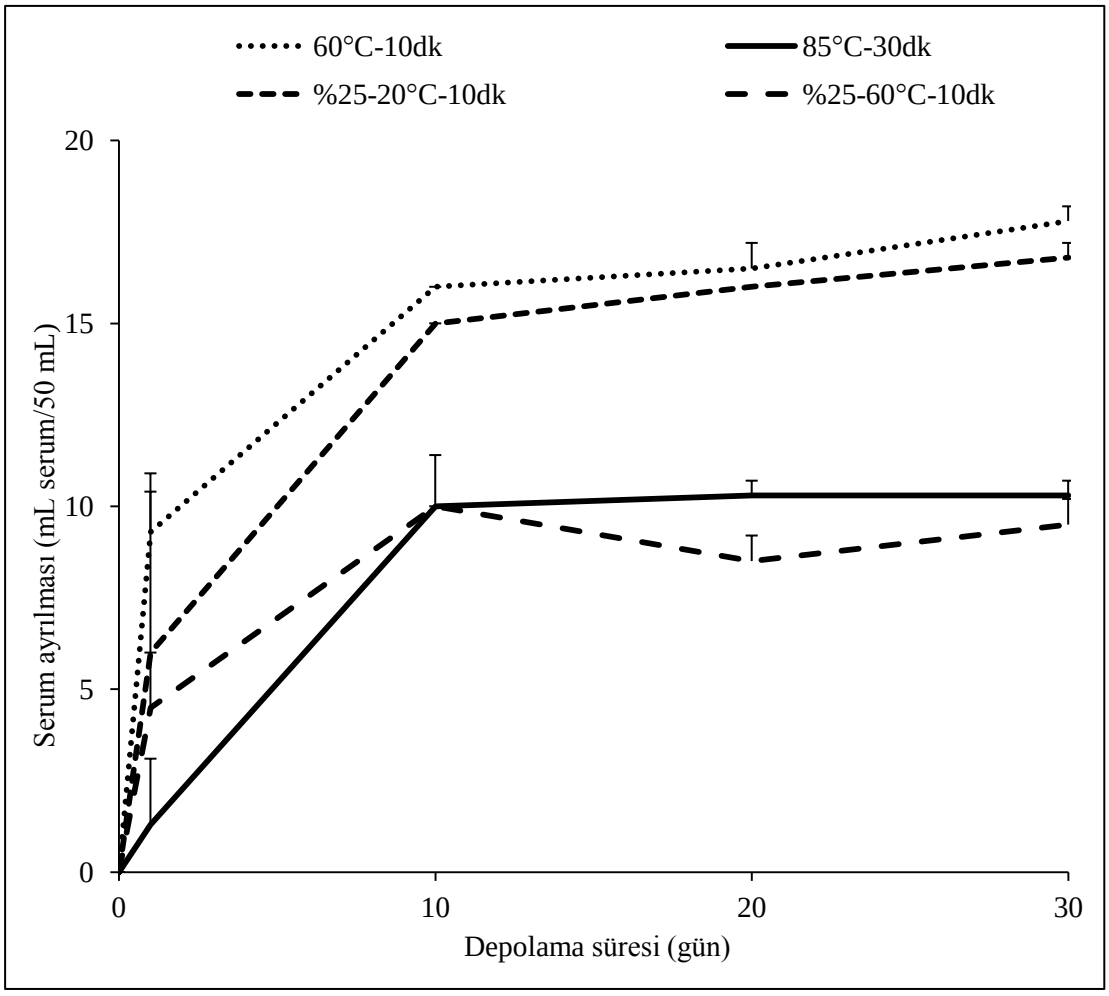
Yağlı ve tuzsuz fermente süt içecekleri örneklerinde işlemler arası farklılıklar ve depolama süresi boyunca kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler yağlı ve tuzlu fermente süt içeceklerinin kimyasal özelliklerindeki değişimler ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4.1; 4.5; Çizelge C.1; C.2; C.3; C.4).



Şekil 4.5 : %25- güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

4.2.2.2 Serum ayrılması

Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin serum ayrılmasına uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge D.2). Tuzsuz fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük serum ayrılması 85°C-30dk ısıl işlem ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerde ve en yüksek serum ayrılması 60°C-10dk ısıl işlem ve %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örneklerde gözlenmiştir. %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekte dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir ve bu durum not edilmiştir (Şekil 4.6; Çizelge D.2).



Şekil 4.6 : %25- güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Serum ayrılması depolamanın 1. gününde en düşük seviyede gözlenmiştir ve depolama boyunca serum miktarında artış devam etmiştir. Depolama boyunca serum ayrılmasındaki en önemli artış 10. günde saptanmıştır.

4.2.2.3 Reolojik özellikler

Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.3). Yağlı ve tuzlu örnekler arasında %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnek 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekten daha yüksek görünür viskoziteye sahip bulunmuştur ve bu örneğin kıvamı içilebilir düzeyden yüksek olduğu için yağlı ve tuzsuz olarak örnek üretimi gerçekleştirilmemiştir (Çizelge 4.2).

Fermente süt içecekleri arasında 85°C-30dk ısıl işlem ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler en yüksek görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı ile en düşük akış davranış indeksine sahip bulunmuştur. %25güç-20°C-10dk ultrases ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler daha düşük görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı ile daha yüksek akış davranış indeksine sahip bulunmuştur (Çizelge 4.3). Şekil 4.7'deki çıkış ve iniş eğrileri arasında kalan alandan da 85°C-30dk ısıl işlemi ve %25-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin benzer tiksotropiye sahip oldukları gözükmektedir. Diğer işlemlerin daha düşük tiksotropiye sahip oldukları ve 300 s^{-1} kayma hızından sonra yapılarında değişim meydana geldiği gözlenmiştir.

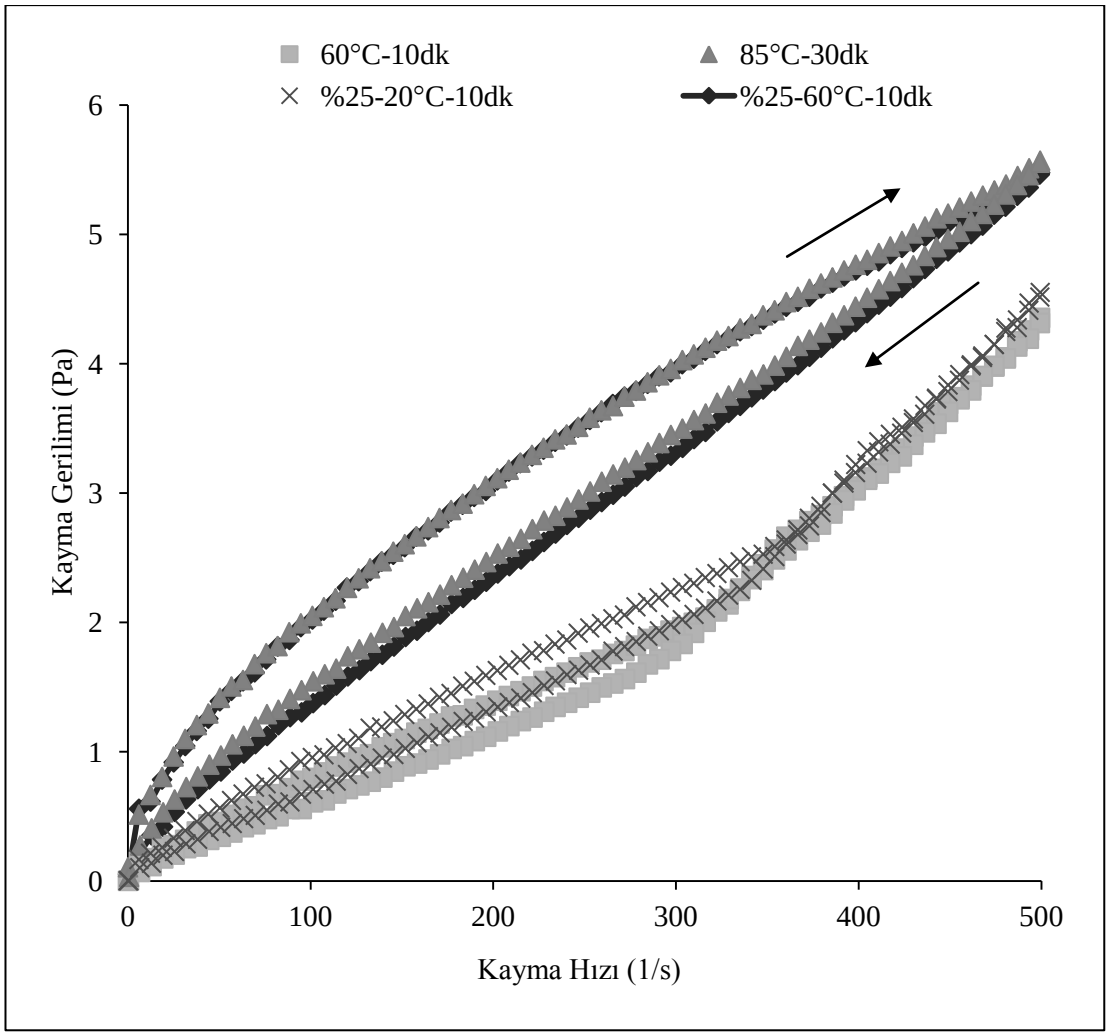
Tüm örneklerin akış davranış indeksleri incelendiğinde psödoplastik davranış sergiledikleri saptanmıştır. 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan ve %25-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin benzer akış davranışı gösterdikleri gözlenmektedir.

Yağlı ve tuzlu olarak hazırlanan örnekler ile yağlı ve tuzsuz olarak hazırlanan örneklere uygulanan işlemlerin reolojik özellikler ve serum ayrılmasında benzer etkide bulundukları saptanmıştır (Şekil 4.2; 4.6; Çizelge 4.2; 4.3).

Çizelge 4.3 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	60	10	9,1±0,8^a	67,1±4,0^a	19,7±1,1^a	0,80±0,01^b
-	85	30	28,1±2,6^b	215,8±20,7^b	137,6±29,3^b	0,59±0,03^a
25	20	10	11,2±0,7^a	85,2±5,0^a	25,3±2,2^a	0,79±0,02^b
25	60	10	27,6±1,3^b	263,5±11,6^b	127,9±14,7^b	0,60±0,02^a

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.7 : %25- güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

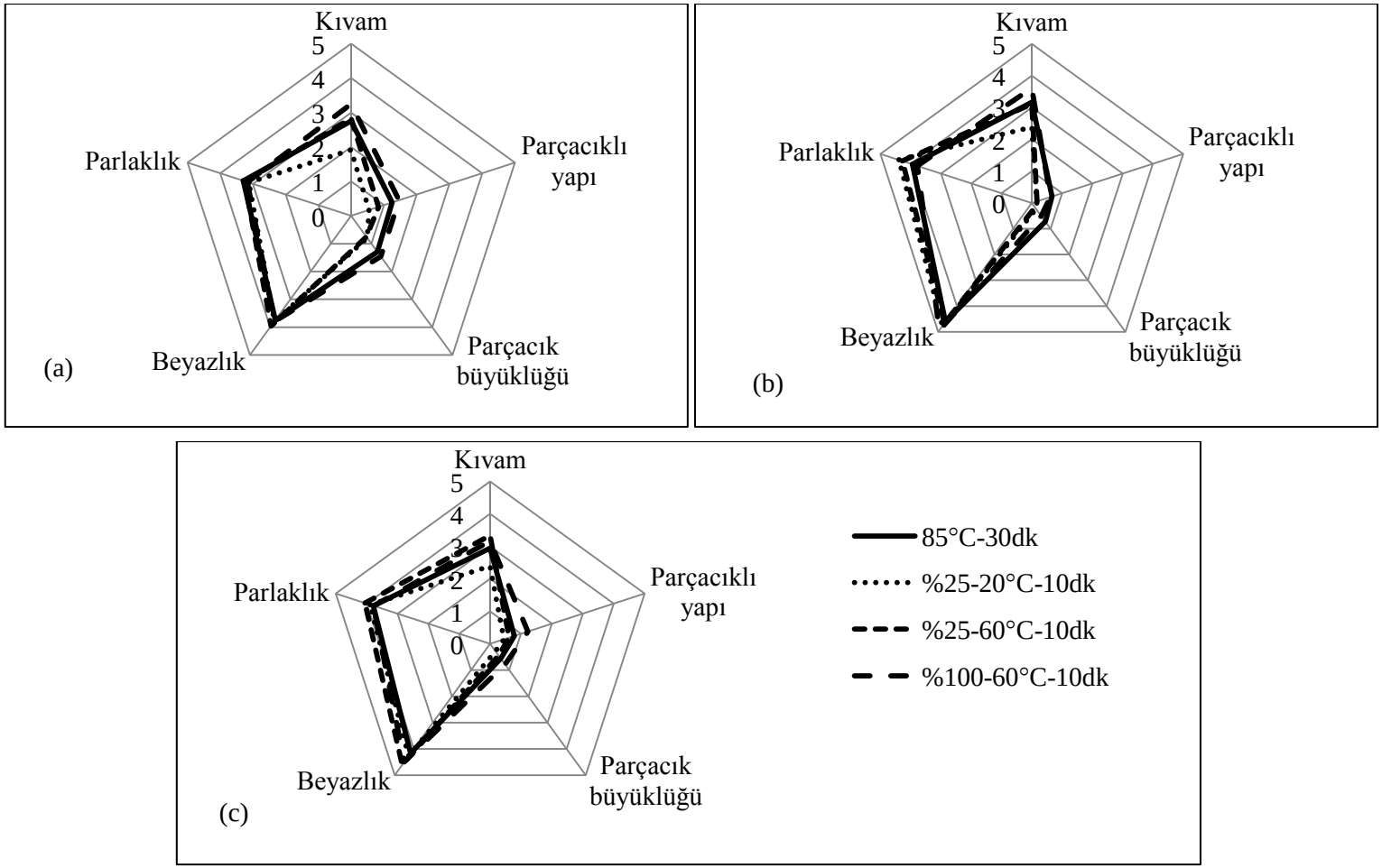
4.2.2.4 Duyusal özellikler

Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kıvam, parçacıklı yapı ve parçacık büyüklüğü özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli iken sadece kıvamda depolama süresinin etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge B.4). %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnek yapılan reolojik ölçümlerde yüksek viskozitede bulunmuştur (Çizelge 4.2) ve duyusal analize süresi azaltılarak dahil edilmiştir.

Panelistler örnekler arasında en düşük kıvamı %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekte saptamışlardır. 85°C-30dk ısıl işlem, %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin daha yüksek kıvama sahip oldukları belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin kıvamında önemli bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.8; Çizelge E.2). Tuzsuz örneklerle yapılan reolojik ölçümlerde ise 85°C-30dk ısıl işlemi ve %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin viskozitesi arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ve bu örneklerin %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekten daha yüksek viskoziteye sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 4.3).

Hem pıhtılı yapı hem de oluşan pıhtının büyüklüğünde en yüksek puanı %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneğin aldığı gözlenmiştir. Ancak fermente süt içeceklerinin üretiminde son aşamada uygulanan homojenizasyon işleminin etkisiyle örneklerde pıhtılı yapı ve oluşan pıhtının büyüklüğü üzerinde uygulanan işlemin önemli bir etkisi bulunmamıştır. Hem pıhtılı yapı hem de oluşan pıhtının büyüklüğü dikkate alındığında panelistler örneklere en yüksek puanları depolamanın 1. gününde vermişlerdir. Ancak depolama boyunca örnekler arasında pıhtılı yapı açısından bir farklılık oluşmazken pıhtının büyüklüğünde azalma-artma şeklinde bir dalgalanma meydana gelmiştir.

Çalışmada hazırlanan örneklerin beyazlık ve parlaklık özellikleri üzerinde de ultrases işleminin önemli bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Ancak örnekler depolamanın 1. gününde en düşük beyazlık ve parlaklık puanlarına sahipken depolamanın 10. günlerinde bu değerlerde artış meydana gelmiştir.



Şekil 4.8 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri. (a): 1. gün, (b): 10. gün, (c): 20. gün.

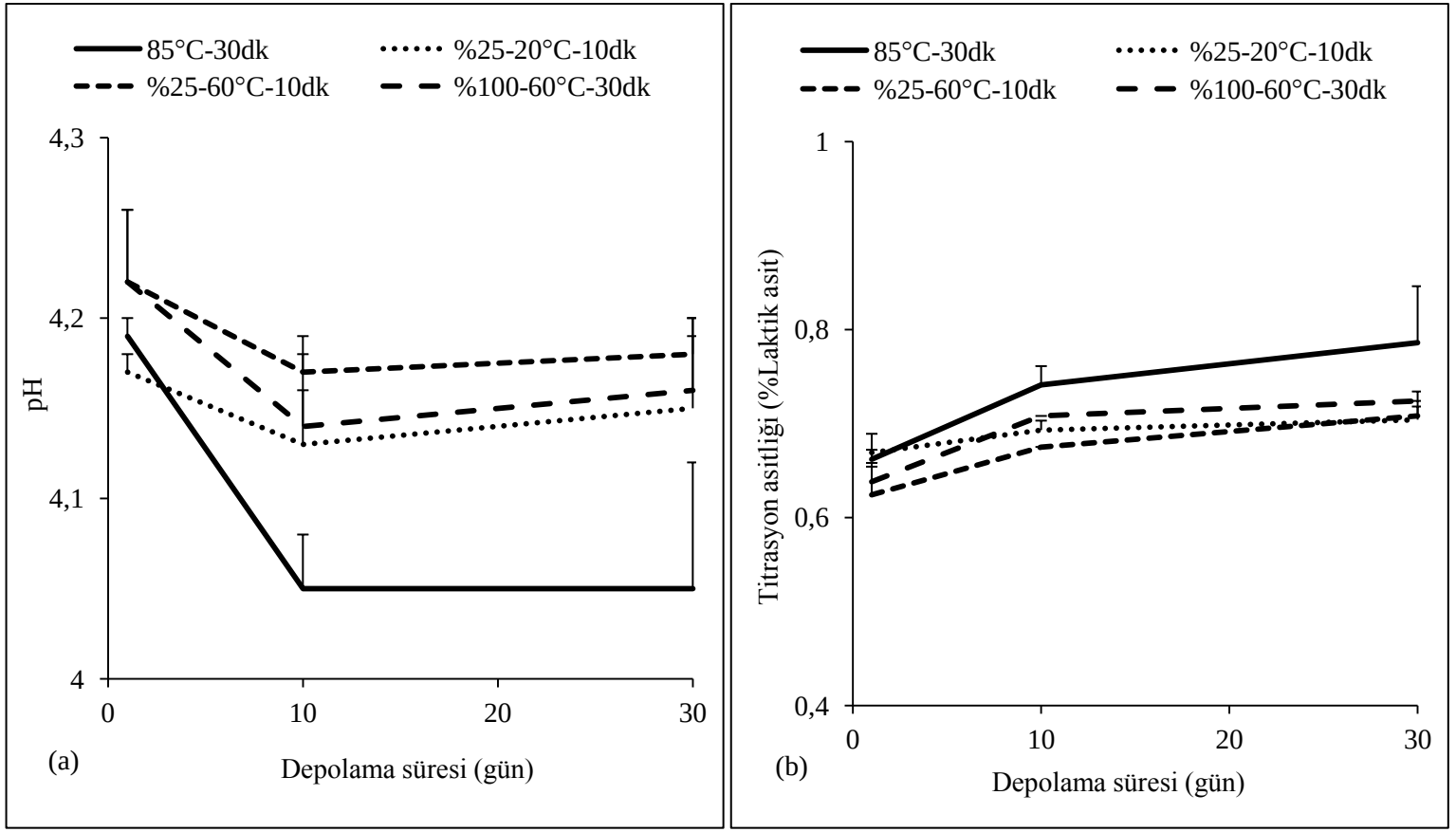
4.2.3 Ultrases işleminin yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi

Yağsız ve tuzlu fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %6,2, yağ oranı %0,1 ve ilave edilen oranı tuz %0,8'dir.

4.2.3.1 Kimyasal özellikler

Pastörize yağsız süt kullanılarak üretilen tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal özelliklerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.5). Fermente süt içeceklerine uygulanan işlemler genel olarak pH değerinde ve titrasyon asitliğinde farklılık meydana getirmiştir. Ancak 30 günlük depolama sonunda 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnek ile ultrases uygulanan örneklerin pH değerleri ve asitlikleri arasında farklılık belirlenmemiştir (Şekil 4.9; Çizelge C.5; C.6).

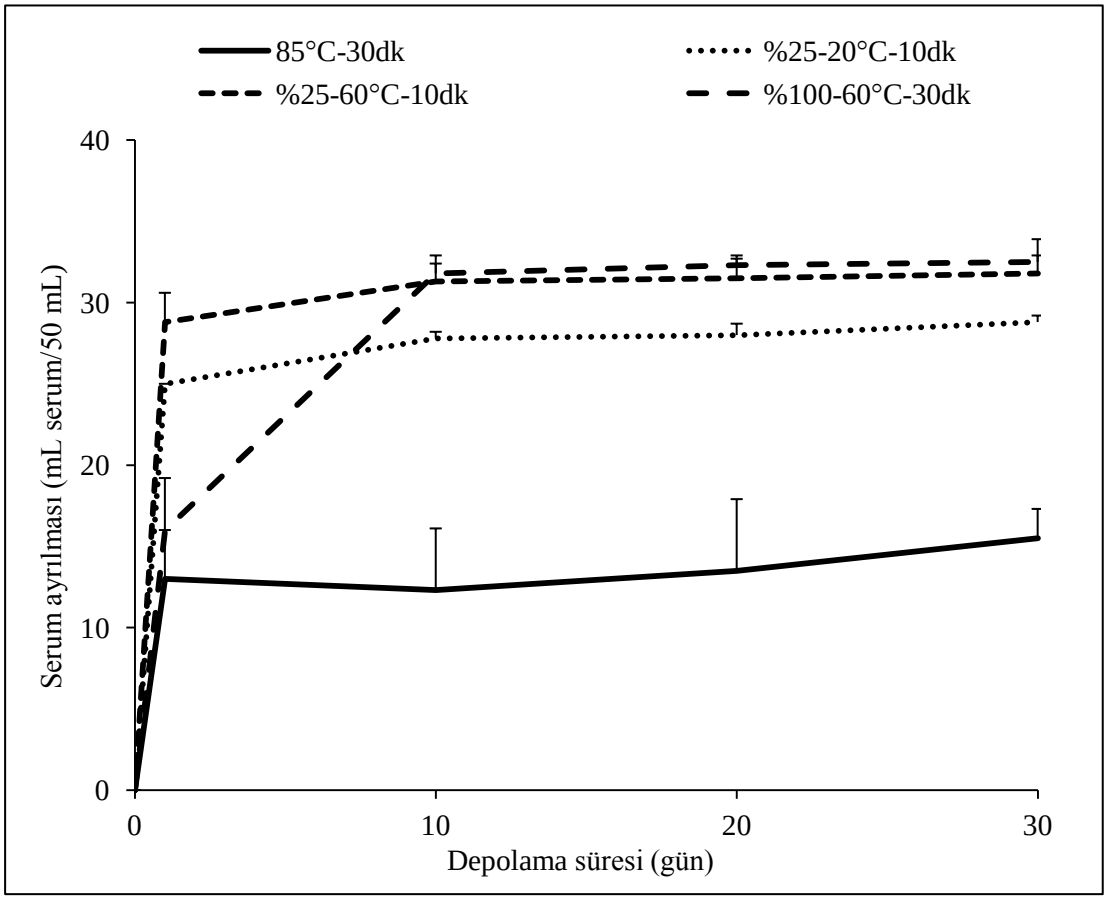
Yağsız fermente süt içecekleri depolamanın 1. günü en yüksek pH değerine sahiptir ve depolama boyunca pH değerinde azalma meydana gelmiştir. Benzer şekilde en düşük asitlik depolamanın 1. günü meydana gelmiştir ve depolama boyunca asitlikte artış gözlenmiştir. Depolama boyunca pH değerindeki en önemli azalma ve asitlikteki en önemli artış 10. günde meydana gelmiştir.



Şekil 4.9 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

4.2.3.2 Serum ayrılması

Yağsız ve tuzlu fermente süt içeceklerinde serum ayrılmasına uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.5). Depolama sonunda en düşük serum ayrılması 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte gözlenmiştir. Ultrases uygulanan tüm örneklerde yüksek düzeyde serum ayrılması meydana gelmiştir (Şekil 4.10; Çizelge D.3).



Şekil 4.10 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Yapılan diğer çalışmalarda yağlı ve yağsız sütlere ısıl işlem, ultrases ve termosonikasyon işlemleri uygulandığında termosonikasyonun yağlı sütlerde serum proteinini denatüre etme oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000). Villamiel ve de Jong (2000) yağlı sütte kuru madde oranının fazla olması ile ultrasesin denatürasyon üzerindeki etkinliğinin artacağını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ultrasesin uygulandığı sütün kuru maddesi düşük olduğundan işlem yetersiz kalmıştır.

Türkmen (2012), yüksek güçlü ultrases işleminin yağsız yoğurtların su tutma kapasiteleri üzerinde olumlu bir etkide bulunmadığını ve yağlı yoğurtlardan daha düşük su tutma kapasitesine sahip olduklarını bildirmiştir. Ayrıca yağsız yoğurtta su tutma kapasitesi üzerine serum proteini denatürasyonunun değil, kuru madde oranının düşük olmasından dolayı daha seyreltik yapıda olmasının proteinler arası mesafenin artması ile ağ yapıda suyun hapsedilememesinin etkili olduğunu bildirmiştir (Türkmen, 2012).

Yağsız yoğurtların pastörize tuzlu su ilavesi ve homojenizasyon uygulanması ile zayıf olan jel yapısı kırılmıştır ve örneklerin serum ayrılmasında artış meydana gelmiştir. Isıl işlem sonrasında proteinler arası etkileşim daha fazla olduğundan su ultrases uygulanan örneklere göre fazla tutulmuş olabilir. Ultrases işlemi uygulanan örneklerde ise yağın olmamasından dolayı denatürasyon daha düşük düzeyde gerçekleşmiş, ultrasesin homojenizasyon etkisi sebebiyle protein parçacıkları parçalanmış ve kararsız yapıda agregasyona eğilimli protein parçacıkları oluşmuş olabilir. Bu sebeple yüksek düzeyde serum ayrılması gözlenmiş olabilir.

Riener ve diğ. (2009; 2010), 3 farklı yağ bileşiminde (%0,1, 1,5, 3,5) süt ile hazırladıkları yoğurt örneklerinde sinerezisin ultrases uygulamalarında geleneksel yöntemden az olduğunu (Riener ve diğ, 2009) ve örneklerin su tutma kapasitelerinin de yağ oranı arttıkça arttığını bildirmişlerdir. Jel yapıda yağ oranı arttıkça protein-yağ interaksiyonunun su tutma oranını artırdığını bildirmişlerdir (Riener ve diğ, 2009; 2010).

Harte ve diğ. (2003), yüksek basınç (400-500 MPa) ve ısıl işlemin kazein misellerinin dağılmasını ve serum proteini denatürasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. Fermentasyon sırasında kazein alt misellerinin yeniden kümeleşmesine rağmen iki işlem birlikte kullanıldığında az yağlı yoğurtlarda sinerezisi azalttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Penna ve diğ. (2007) ısı ve yüksek basınç uygulmasının sinerezisi sadece ısıl işlem ya da basınç uygulamasına göre azalttığını bildirmişlerdir. Ancak Udabage ve diğ. (2010) az yağlı yoğurtlarda yüksek basınç uygulamasının sinerezisi etkilemediğini bildirmiştir.

Yağsız fermente süt içeceklerinde en az serum ayrılması depolamanın 1. gününde meydana gelmiştir ve serum ayrılmasında önemli düzeyde artış depolamanın 10. gününde meydana gelmiştir.

4.2.3.3 Reolojik özellikler

Yağsız ve tuzlu olarak hazırlanan fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.5). 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan fermente süt içeceği en yüksek görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısına sahip örnek olmuştur. Ultrases uygulanan örnekler görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı açısından daha düşük değerlere sahiptir ve aralarında farklılık saptanmamıştır (Çizelge 4.4).

Villamiel ve de Jong (2000), ultrases işleminin yağsız sütlerde yağlı sütlerden daha az oranda serum proteini denatürasyonu meydana geldiğini bildirilmiştir. Türkmen (2012), 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan yağsız yoğurtların yapısının ultrases işlemi uygulanmış örneklere göre daha dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada da ultrases işleminin uygulanması ile 85°C-30dk ısıl işleminin sağladığı protein-protein etkileşimi yağın yokluğunda sağlanamadığından fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerinde bir iyileşme sağlanamamıştır.

Nguyen ve diğ. (2010), yağsız süte sıcaklık kontrollü ve kontrolsüz ultrases işlemi uygulanması ve yağsız süt tozu ilavesi ile elde edilen asit jelin özelliklerini geleneksel yöntemle (80°C-30dk) elde edilen ile karşılaştırmıştır. Sıcaklık 20-40°C arasında olduğunda işlem uygulanmamış örneğe göre yüksek elastik modulüs (G') elde edilirken sıcaklık 60-70°C'ye çıktığında ise geleneksel ısıl işleme yakın G' değeri elde edildiğini bildirmiştir. 70°C'de 30 dk ultrases uygulanması ile α-laktalbümin ve β-laktoglobülin'in neredeyse tamamı denatüre olurken 60°C'de %70 ve %80 oranlarında denatüre oldukları bildirilmiştir (Nguyen ve diğ, 2010). Bir başka çalışmada, farklı yağ oranlarında sütten üretilen yoğurtlarda yağ oranının artması ile jelin G' değerinde artış gözlenmiştir ve bu artışın yağ-protein etkileşiminin artmasından kaynaklandığını bildirilmiştir (Riener ve diğ, 2009).

Isıl uygulamadan önce ve sonra 25°C'de yüksek basınç (100, 250 ve 400 MPa) uygulanan yağsız sütlerde geleneksel ısıl işlem uygulamasının sağladığı viskoziteye yakın viskozitede yoğurtlar elde edilmiştir ve sıcaklık arttıkça viskozitede düşüş meydana geldiği bildirilmiştir (Udabage ve diğ, 2010). Bu düşüşü yüksek sıcaklıklıklarda oluşan büyük kazein agregatlarının protein ağ yapısını olumsuz olarak etkilemesi ile ilişkilendirmişlerdir (Udabage ve diğ, 2010). Yine az yağlı yoğurt üretiminde yüksek basınç (675 MPa, 5 dk, 20°C) ve ısı birlikte (85°C-30dk)

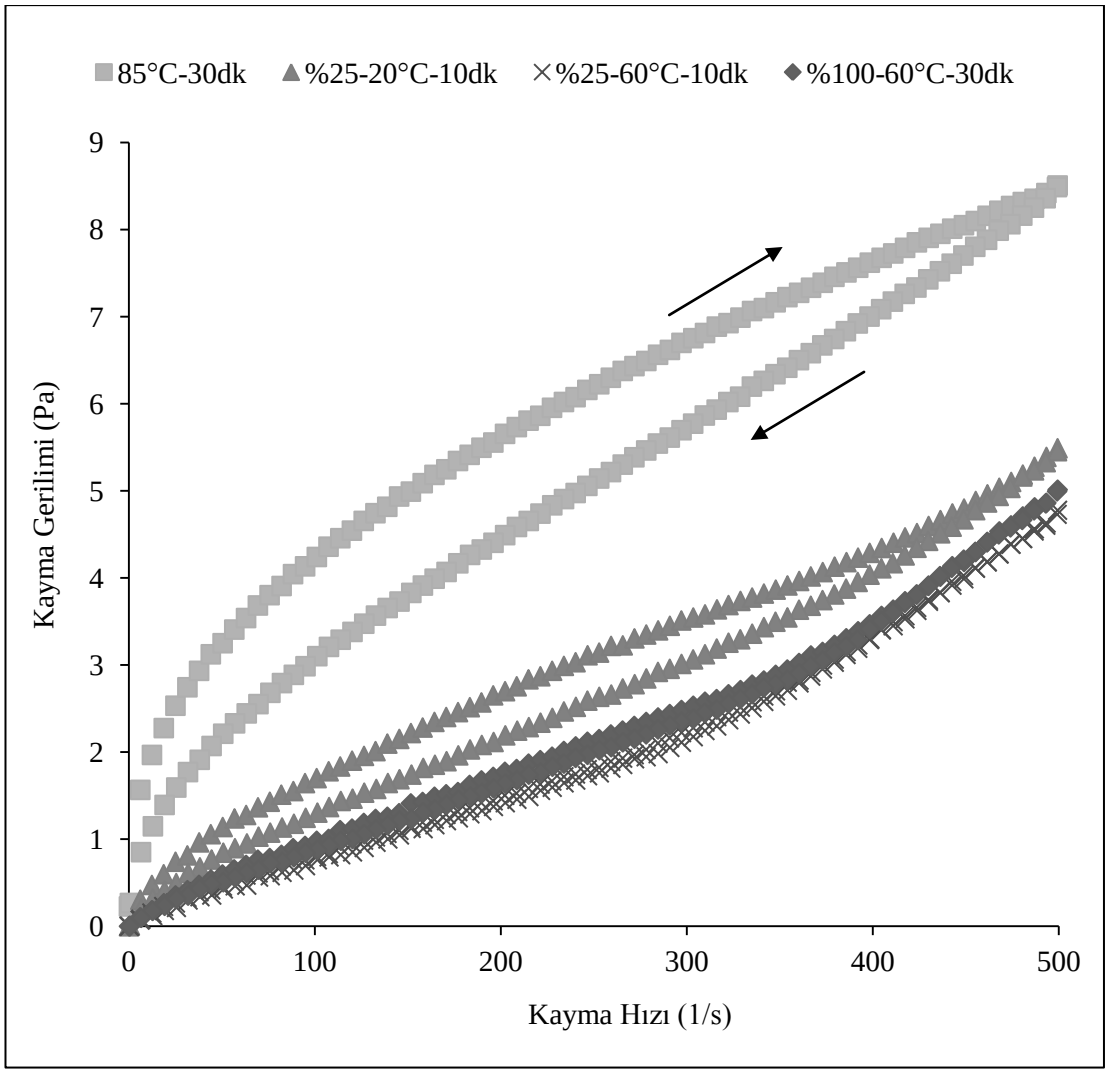
Çizelge 4.4 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile yağsız ve tuzlu olarak hazırlanan kısa ömürlü fermente süt içeceğinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa. s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	85	30	64,4±2,5^{b}	443,2±44,08^{b}	673,6±62,9^{b}	0,40±0,01^{a}
25	20	10	22,5±4,6^{a}	177,6±61,6^{a}	85,8±33,4^{a}	0,66±0,04^{b}
25	60	10	10,2±4,5^{a}	42,6±41,8^{a}	13,5±10,0^{a}	0,92±0,10^{c}
100	60	30	11,8±1,5^{a}	46,2±32,0^{a}	23,8±1,7^{a}	0,83±0,01^{bc}

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

kullanıldığında sadece ısıl işlem ya da sadece yüksek basınç uygulamasına göre, proteinler arasında yüksek oranda çapraz bağlanma oluşturulduğu için yoğurdun jel özelliklerinde iyileşme sağlanabildiği bildirilmiştir (Penna ve diğ, 2007).

Şekil 4.11'e bakıldığında 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğin en büyük halka alanına sahip olduğu ve %25-60°C-10dk ile %100-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerin ise çok küçük halka alanlarına sahip olduğu gözlenmiştir. Örnekler arasında en düşük akış davranış indeksini 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örnek göstermiştir. Ultrases uygulanan örnekler 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örnekten daha yüksek akış davranış indeksine sahiptir. Tüm örnekler psödoplastik davranış sergilerken %25-60°C-10dk ultrases uygulanan örnek Newton tipi davranışa yakın özellik göstermiştir. Ultrases uygulanan örneklerde 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örneğin kayma hızı-kayma gerilimi ilişkisine benzer bir ilişki gözlenmemiştir. Özen ve Kılıç (2009), yağsız fermente süt içeceklerine serum proteini konsantresi ilave ederek yaptıkları çalışmalarında örneklerin tiksotropik ve psödoplastik davranış sergilediklerini bildirmişlerdir.



Şekil 4.11 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

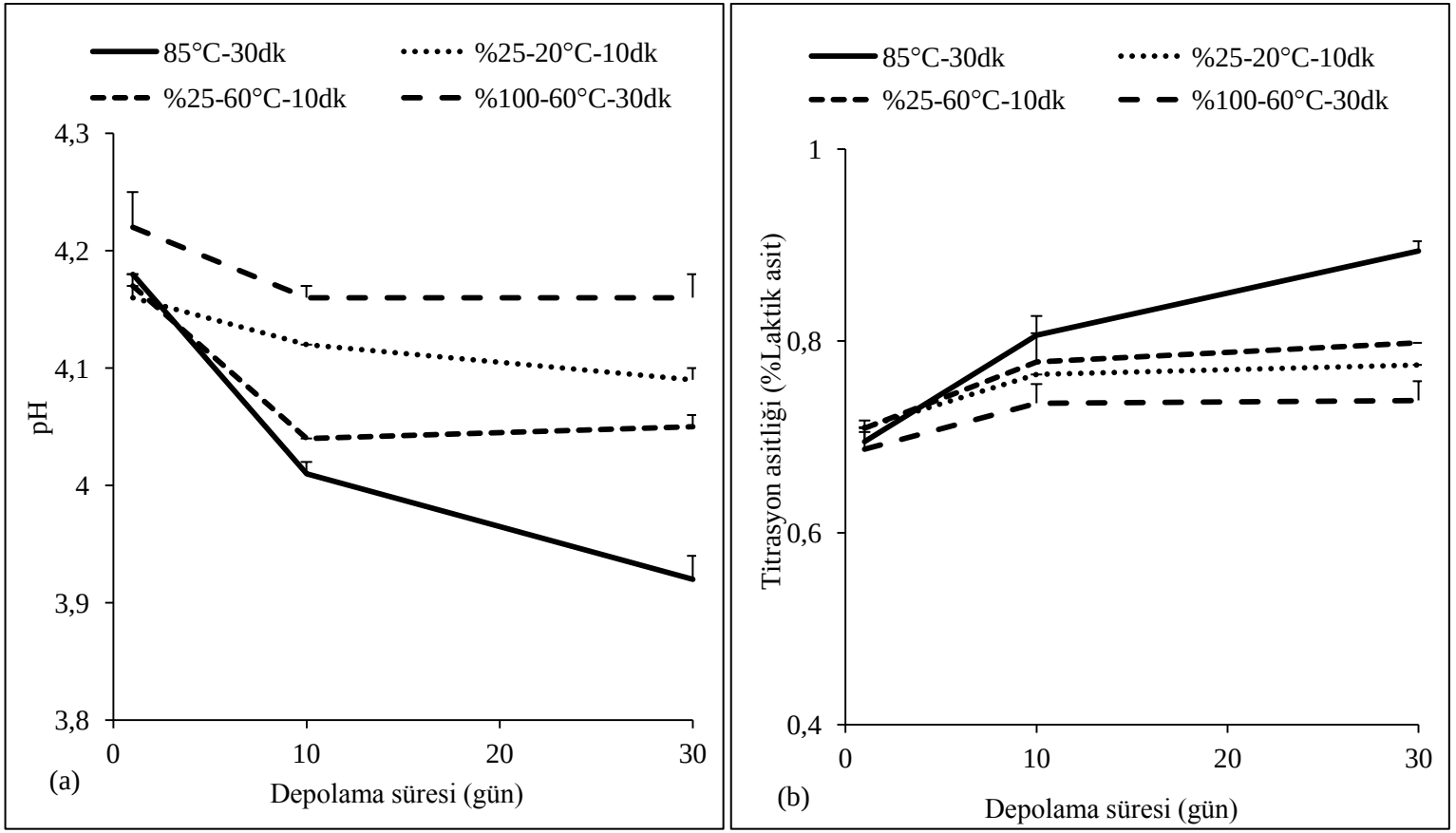
4.2.4 Ultrases işleminin yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi

Yağsız ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %6,2 ve yağ oranı %0,1'dir.

4.2.4.1 Kimyasal özellikler

Pastörize yağsız sütten üretilen tuzsuz fermente süt içeceklerinin kimyasal özelliklerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.6). Fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük pH değeri ve en yüksek asitlik 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte gözlenmiştir. Ultrases uygulanan örnekler daha yüksek pH değerine sahip bulunmuşlardır. Depolama sonunda örnekler arasındaki en düşük asitlik %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekte gözlenmiştir ve diğer ultrases uygulanan örneklerle benzer bulunmuştur (Şekil 4.12; Çizelge C.7; C.8).

Örneklerin depolama boyunca pH değerlerinde sürekli bir azalma meydana gelirken asitlikte sürekli bir artış meydana gelmiştir. Örnekler arasında en fazla değişimin 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte meydana geldiği saptanmıştır. Depolama boyunca örneklerin pH değerlerinde 10. günden itibaren işlemler açısından farklılık gözlenmiştir, asitlik açısından ise 30. günde işlemler arasında farklılık saptanmıştır.

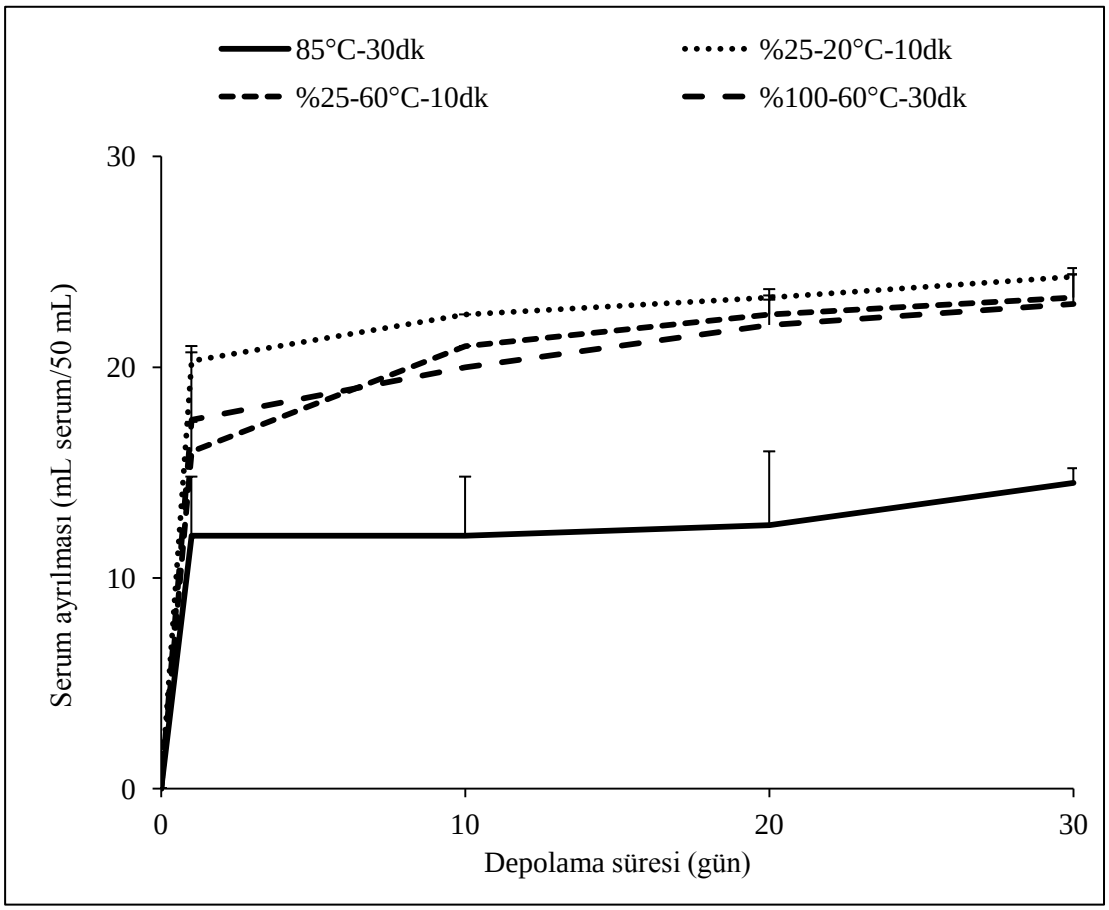


Şekil 4.12 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

4.2.4.2 Serum ayrılması

Yağsız ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin serum ayrılmasına uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.6). Tuzsuz örneklerde meydana gelen serum mezürün alt, üst ve ortalarında dağınık bir görünüm oluşturmuştur. Uygulanan işlemler parçacıkların çapında çok fazla küçülmeye sebep olduğu için parçacıklar serumun üstünde yer almışlardır, zamanla parçacıklar birleşerek çökmüş ve dağınık yapı azalmıştır.

Yağsız ve tuzsuz fermente süt içeceklerinde yağsız ve tuzlu örneklerde olduğu gibi depolama sonunda en az serum ayrılması 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte gözlenmiştir. Ultrases uygulanan tüm örneklerde depolama sonunda daha yüksek düzeyde serum ayrılması meydana gelmiştir. Serum ayrılmasında en önemli artış depolamanın birinci gününde gözlenmiştir (Şekil 4.13; Çizelge D.4).



Şekil 4.13 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlemi uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması.

Yağsız ve tuzsuz örneklerin üretiminde uygulanan işlemler, yağsız ve tuzlu örneklerin serum ayrılmasına benzerlik sağlamıştır (Şekil 4.10; 4.13; Çizelge D.3; D.4).

4.2.4.3 Reolojik özellikler

Yağsız ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.6). Yağsız ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin üretiminde uygulanan işlemler, yağsız ve tuzlu örneklerin reolojik özelliklerine benzerlik sağlamıştır (Çizelge 4.4; 4.5).

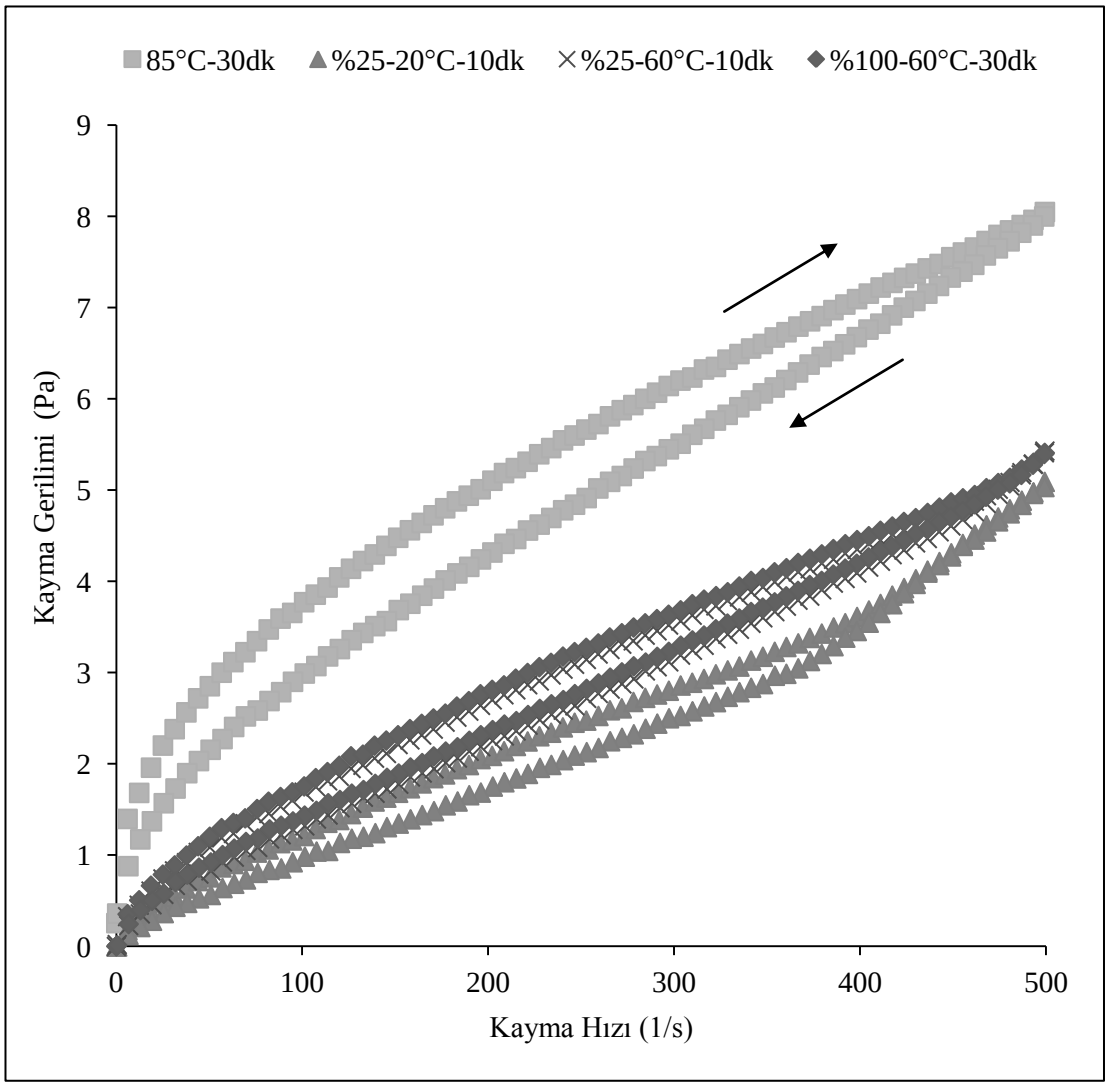
Farklı işlemler uygulanarak hazırlanan örneklerde en yüksek görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte elde edilmiştir. Ultrases uygulanan örnekler daha düşük görünür viskozite ve kıvam katsayısına sahip bulunmuştur ve 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekten farklı bulunmuştur (Çizelge 4.5). Şekil 4.14'te ultrases uygulanan örneklerin ısıl işlem uygulanan örneğinkine göre daha küçük halka alanına sahip oldukları görülmektedir.

Örnekler arasında en düşük akış davranış indeksi 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte belirlenirken ultrases uygulanan örnekler yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Örneklerin akış davranış indekslerine bakıldığında tüm örneklerin psödoplastik davranış sergiledikleri belirlenmiştir. Ultrases uygulanan örneklerin benzer eğilim gösterdikleri halde 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekten farklı akış davranışı sergiledikleri Şekil 4.14'de görülmektedir.

Çizelge 4.5 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	85	30	56,6±5,2^{b}	299,9±32,2^{b}	536,7±119,4^{b}	0,43±0,03^{a}
25	20	10	15,0±1,6^{a}	117,0±20,8^{a}	40,5±9,7^{a}	0,75±0,03^{b}
25	60	10	21,5±2,6^{a}	155,2±33,6^{ab}	78,5±18,0^{a}	0,67±0,03^{b}
100	60	30	23,9±2,5^{a}	156,8±32,9^{ab}	92,8±24,4^{a}	0,65±0,03^{b}

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.14 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

Yağsız süte ultrases uygulanarak üretilen tuzlu ve tuzsuz fermente süt içecekleri 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekle kıyaslandığında yüksek düzeyde serum ayrılması ve düşük viskozite gözlenmiştir. Uygulanan ultrases işlemleri 85°C-30dk ısıl işlemine göre bir avantaj sağlamadığından bu örneklerde duyusal analiz uygulanmamıştır.

4.3 Ultrases İşleminin Homojenizasyon Etkisini Belirlemek için Üretilen Kısa Ömürlü Fermente Süt İçeceğinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi

Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %6,5 ve yağ oranı %1,8'dir.

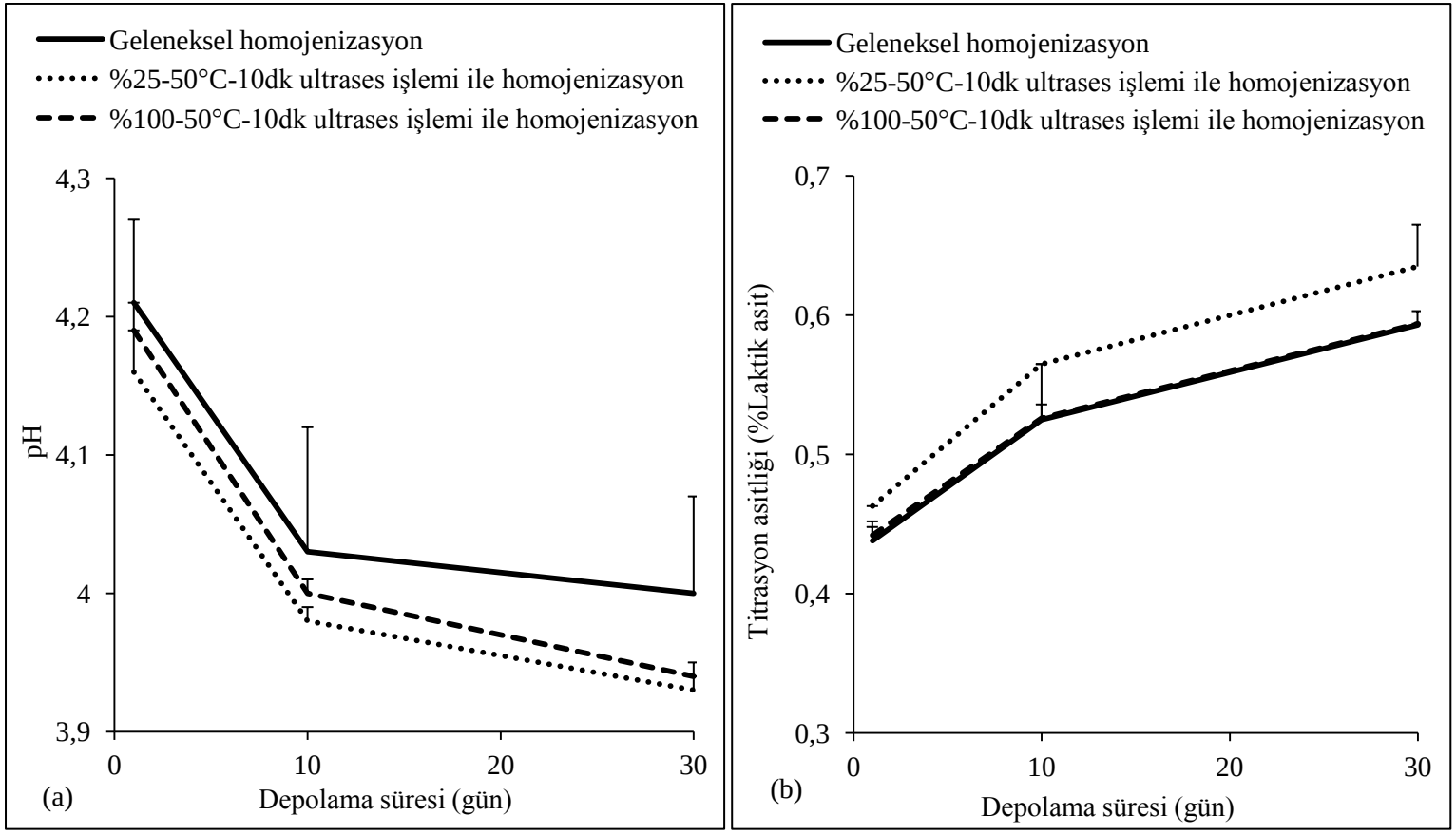
Ultrases işleminin kavitasyon sonucunda yağ globülleri çapını <1 μm'nin altına düşürebildiği belirlenmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000; Ertugay ve diğ, 2004; Vercent ve diğ, 2002; Bermudez-Aguirre ve diğ, 2008; Bermudez-Aguirre ve diğ, 2009b). Ultrases işleminin sütün homojenizasyonu için kullanılması ile üretilen yoğurtlarda su tutma kapasitesinde ve jel sertliğinde artış sağladığı, sinerezisi azalttığı bildirilmiştir (Wu ve diğ, 2001; Ertugay ve diğ, 2009; Riener ve diğ, 2009). Ancak ultrases işleminin sütün homojenizasyonu için kullanımı ile üretilen fermente süt içeceğinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, ultrases uygulanması ile homojenize edilen sütten üretilen fermente süt içeceği ile geleneksel olarak homojenize edilen sütten üretilen örneklerin özellikleri kıyaslanmıştır.

4.3.1 Kimyasal özellikler

Tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin pH değerine depolama süresinin etkisi önemli iken asitliğine uygulanan ultrases işleminin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.7). Depolama sonunda %25güç-50°C-10dk ve %100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin pH değerleri ve geleneksel yöntemle homojenize edilen örneğin pH değeri arasında farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.15a; Çizelge C.9). Benzer şekilde depolama sonunda %25güç-50°C-10dk ve %100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin asitliği ile geleneksel homojenizasyon işlemi ile homojenize edilen örneğin asitliği benzer bulunmuştur (Şekil 4.15b; Çizelge C.10).

Depolama süresinde pH değerinde azalma gözlenirken asitlikte artış meydana gelmiştir. pH değerindeki en önemli azalma depolamanın 10. gününde meydana gelmiştir. Asitlikte meydana gelen artış ise depolamanın her gününde önemli olmuştur.

Şengül ve diğ. (2009), ultrases ile homojenize edilen yoğurtların fermentasyon boyunca meydana gelen pH düşüşlerini geleneksel homojenizasyon ile aynı bulmuştur. Bizim çalışmamızda da yaklaşık olarak pH=4,3'de fermantasyonuna son

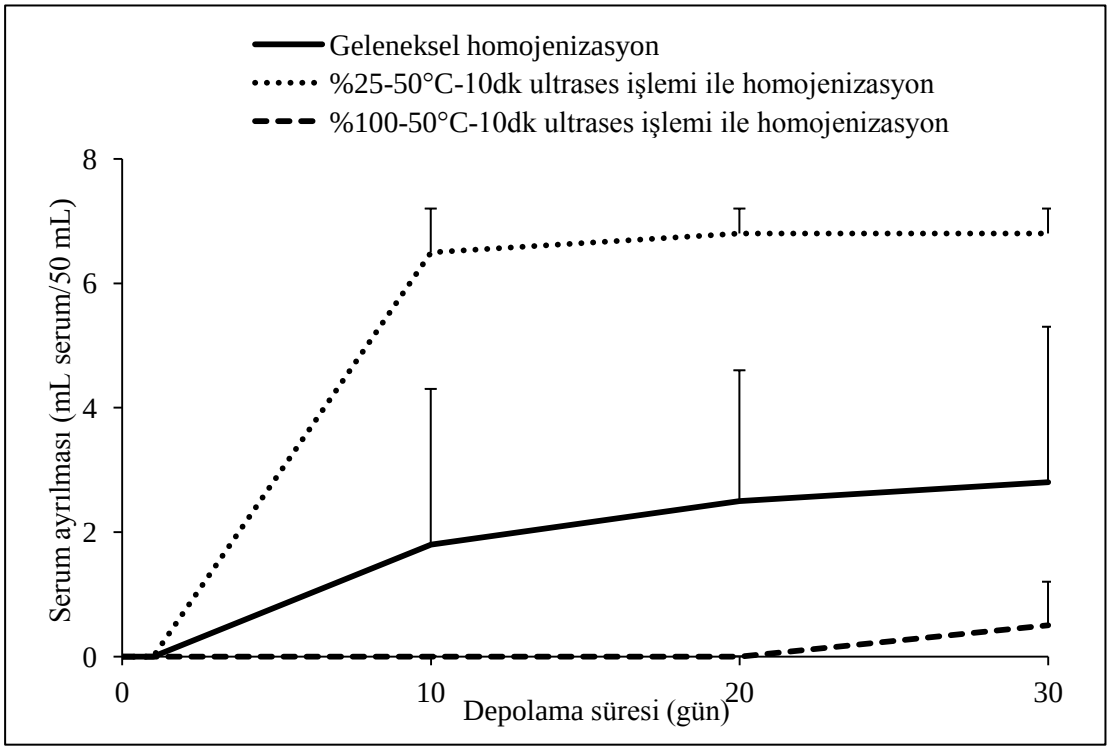


Şekil 4.15 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

verilen yoğurtlardan üretilen fermente süt içeceklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişim benzer bulunmuştur. Ancak Wu ve diğ. (2001) süte inokülasyondan önce ultrases uygulanması ile sadece fermentasyonun son bir saatinde pH düşüşünde bir hızlanma meydana geldiğini ancak genel olarak sürede bir değişim yaratmadığını bildirmişlerdir. Aynı araştırıcılar inokülasyondan sonra ultrases uygulamasının fermentasyon süresini kısalttığını bildirmişlerdir. Vercent ve diğ. (2002) ise ultrases işleminin fermentasyon süresini uzattığını bildirmiştir.

4.3.2 Serum ayrılması

Tuzsuz fermente süt içeceklerinin serum ayrılmasına homojenizasyon işleminin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.7). 30 günlük depolama sonunda %25güç-50°C-10dk ve %100güç-50°C-10dk ultrases ile homojenize edilen örneklerde ve geleneksel homojenizasyon uygulanan örnekte meydana gelen serum ayrılması benzer bulunmuştur (Şekil 4.16; Çizelge D.5). Serum ayrılmasındaki bu benzerlik ultrases işleminin yağ globüllerinin boyutunu geleneksel homojenizasyon işlemine benzer oranda küçültebildiğini ve benzer oranda yağ-protein kompleksinin oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 4.16 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması.

%100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnekte depolamanın 20 günü boyunca serum ayrılması meydana gelmemiştir. %100-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerde depolamanın 20 günü daha az serum ayrılması gözlenmesi yağ partiküllerinin daha çok küçülmesi sonucunda yağ-protein arasında meydana gelen kompleks oluşumunun artışı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Şengül ve diğ. (2009), sütü %20, 50 ve 70 güçlerinde ultrases ve geleneksel yöntemle homojenize ederek ürettikleri yoğurtlarda %70 güçte üretilen yoğurdun su tutma kapasitesinin en yüksek ve homojenizasyon etkinliğinin en iyi olduğunu belirlemişlerdir. Bu etkinin boyutu küçülen yağ globüllerinin yüzey alanının artması ile hidrofilik özellikteki kazeinlerin bu yüzeyde yer almasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Vercent ve diğ. (2002), manotermosonikasyon uygulaması ile homojenize edilen yoğurtlarda (%14,8) geleneksel homojenizasyon ile üretilen yoğurtlardan (%18,8) daha az serum ayrılması meydana geldiğini bildirmişlerdir. Wu ve diğ. (2001), ise uygulanan ultrasesin gücü arttıkça yoğurtdun su tutma kapasitesinin arttığını ve süte inokülasyondan önce ultrases uygulanmasının ise güç artışı ile birlikte sinerezisi azalttığını bildirmişlerdir. İnokülasyondan önce ultrases uygulanması ile su tutma kapasitenin artışı homojenizasyon sonucu proteinlerin daha fazla su tutması ile açıklanmıştır (Wu ve diğ, 2001).

Depolamanın ilk gününde üç farklı işlem ile homojenize edilen örneklerde serum ayrılması meydana gelmemiştir ancak depolama süresinde örneklerde serum oluşmuş ve zamanla artış göstermiştir.

4.3.3 Reolojik özellikler

Fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.7). Örnekler arasında en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı %100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnekte saptanmıştır. Geleneksel homojenizasyon ve %25güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin görünür viskozite ve kıvam katsayısı daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.6). Uygulanan güç arttıkça yağ globüllerinin çapındaki muhtemel küçülme ile örneğin görünür viskozitesinde artış meydana gelmiş olabilir.

Wu ve diğ. (2001), süte homojenizasyon amacıyla uygulanan ultrases işleminin gücünün artması ile yoğurtların viskozitelerinde artış olduğunu ve geleneksel

homojenizasyon ile üretilen yoğurtların viskozitesinden daha yüksek viskoziteye sahip olduklarını saptamışlardır. Vercent ve diğ. (2002) ise manotermosonikasyon ile homojenize edilerek hazırlanan yoğurtların başlangıçta viskozitelerinin geleneksel homojenizasyon ile hazırlanan yoğurtlardan fazla olduğunu, ancak manotermosonikasyon uygulanan yoğurtlarda zamanla viskozitedeki düşüşün fazla olduğunu bildirmişlerdir.

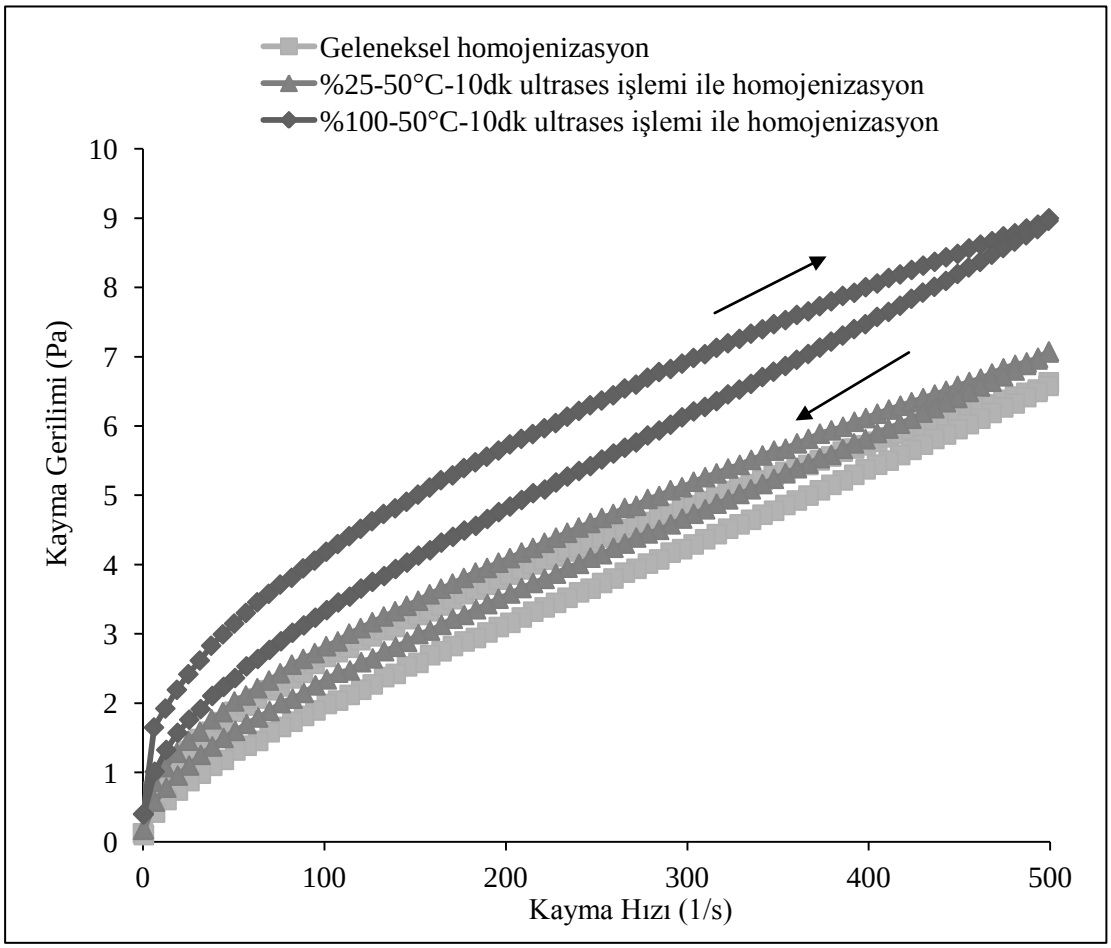
%100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnek en yüksek tiksotropiye sahiptir ve 3 farklı işlem uygulanarak homojenize edilen örneklerin tiksotropileri farklı bulunmuştur. Örneklerin tiksotropilerindeki bu farklılık Şekil 4.17'deki halka alanından da gözlenmektedir.

En düşük akış davranış indeksi %100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnekte saptanmıştır. Geleneksel homojenizasyon ile ve %25güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnekler benzer akış davranış indeksine sahiptir. Artan kayma hızında tüm örnekler kayma incelmesi göstermiştir. Tüm örnekler psödoplastik davranış sergilemişlerdir. Vercent ve diğ. (2002), manotermosonikasyon ile üretilen yoğurtların tiksotropik ve psödoplastik davranış sergilediklerini bildirmişlerdir. Aynı araştırıcılar manotermosonikasyon ile hazırlanan yoğurtların geleneksel homojenizasyon ile hazırlanan yoğurtlardan daha yüksek G' değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Homojenizasyon Yöntemi	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
Geleneksel homojenizasyon	37,3±0,8^a	260,7±17,8^b	222,9±4,8^a	0,54±0,00^b
%25-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	40,1±0,7^a	197,5±5,9^a	250,1±4,6^a	0,53±0,00^b
%100-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	62,5±1,9^b	345,1±19,3^c	577,3±46,5^b	0,43±0,01^a

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).



Şekil 4.17 : Farklı güçlerde (%) ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

4.4 Ultrases İşleminin Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceği Üretiminde Uygulanması

Ultrases işleminin uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde kullanılan pastörizasyon işlemi yerine kullanılabilirliğini belirlemek için yağlı tuzlu ve tuzsuz olarak örnekler hazırlanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda %25 ve %100 güçte ultrases uygulanması ile tuzlu olarak hazırlanan örneklerden 20°C sıcaklıkta hazırlanan örneklerden 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğe yakın fiziksel özellikler elde edilememiştir. Ultrases uygulama süresi 10 ve 30 dk olduğunda da önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Bu sebeplerden dolayı duyusal analizde 20°C'de ultrases uygulanan örnekler ve 30 dk süre ile ultrases uygulanan örnekler hazırlanmamıştır. Dolayısı ile duyusal analizde 70°C-10dk ısıl işlem, %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler kullanılmıştır.

4.4.1 %25-güçte ultrases işleminin tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi

Yağlı ve tuzlu fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %5,4, yağ oranı %1,7 ve ilave edilen tuz oranı %0,8'dir.

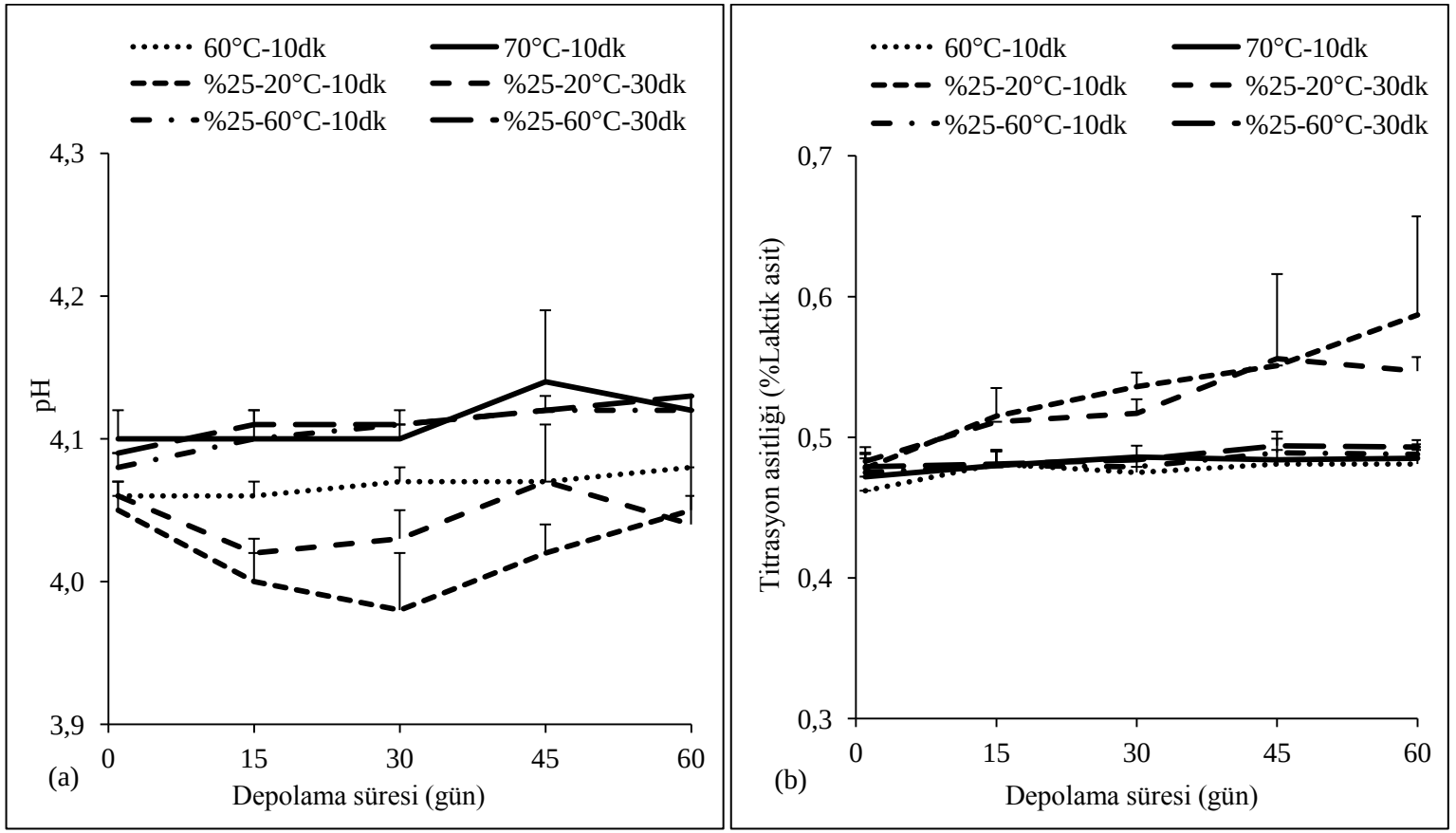
4.4.1.1 Kimyasal özellikler

Tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal özelliklerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.8). Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolamanın 30. gününde en düşük pH değeri %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekte gözlenmiştir ve %25güç-20°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örneğin pH değeri ile benzer bulunmuştur. Depolamanın 30. gününde daha yüksek pH değerlerine sahip olan 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem ile %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ise benzer bulunmuştur. Depolamanın sonunda ise örneklerin pH değerleri arasında farklılık belirlenmemiştir. Ultrasesin sıcaklıkla kombine olduğu parametrelerde örneklerde meydana gelen değişimin nedenini belirlemek için hazırlanan 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek ise 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğe benzer pH değerine sahip bulunmuştur (Şekil 4.18a; Çizelge C.11). %25güç-20°C-10dk ile %25güç-20°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örneklerde depolamanın 30. gününde pH değerinde meydana gelen azalma işlemin yoğurt kültürleri üzerinde inaktivasyon etkisinin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Depolamanın 30 gününde örneklere uygulanan işlemler arasında meydana gelen farklılıkların depolama sonunda 20°C'de ultrases uygulanan örneklerde bakteri faaliyetine bağlı olarak meydana gelen sünmeden dolayı ortadan kalktığı düşünülmektedir.

pH değerindeki değişimle ters orantılı olarak depolamanın 30. gününde en yüksek asitlik %25güç-20°C-10dk ile %25güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde gözlenmiştir. Daha düşük asitliğe sahip olan 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlemi ile %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir. Bu örneklerde kültürlerin inaktivasyonu gerçekleştiğinden laktik asit üretimi sınırlı kalmıştır ve diğer örneklerdeki gibi asitlikte bir artış gözlenmemiştir (Şekil 4.18b; Çizelge C.12). Depolamanın 60. gününde ise örneklerin asitlikleri arasında farklılık belirlenmemiştir.

Depolama boyunca örneklerin pH değerinde ve asitliğinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Kullanılan yoğurt bakterilerinin ikisi de G(+) bakterilerdir. Yapılan çalışmalarda G(+) bakterilerin G(-) bakterilere göre ultrases işlemine daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Mikroorganizmalar üzerinde ultrasesin inaktive etme özelliğinin sıcaklık ile birlikte arttığı bildirilmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000; Ashokkumar ve diğ, 2010). Ayrıca mezofilik bakteriler üzerine yapılan çalışmalarda termosonikasyonun artan süre ve güç uygulanması ile inaktivasyon oranının artırılabileceği bildirilmiştir (Bermudez-Aguirre ve diğ, 2009a; 2009b). Wu ve diğ. (2001), süte inokülasyon gerçekleştirdikten sonra ultrases uygulanmasının (%40, 60 ve 100 güçte, 8 dk, başlangıç sıcaklığı 15°C, sıcaklık kontrolsüz) starter bakterileri inaktive etmediklerini ve fermentasyonun 30 dk erken bittiğini bildirmişlerdir. Ayrıca asitliğin artması laktik asit bakterilerinin hücre içinden sonikasyon sonucunda β-galaktozidaz enziminin serbest kalması ile açıklanmıştır. β-galaktozidaz laktozu hidrolize ederek asitlik gelişimini artırmaktadır (Wu ve diğ, 2001).



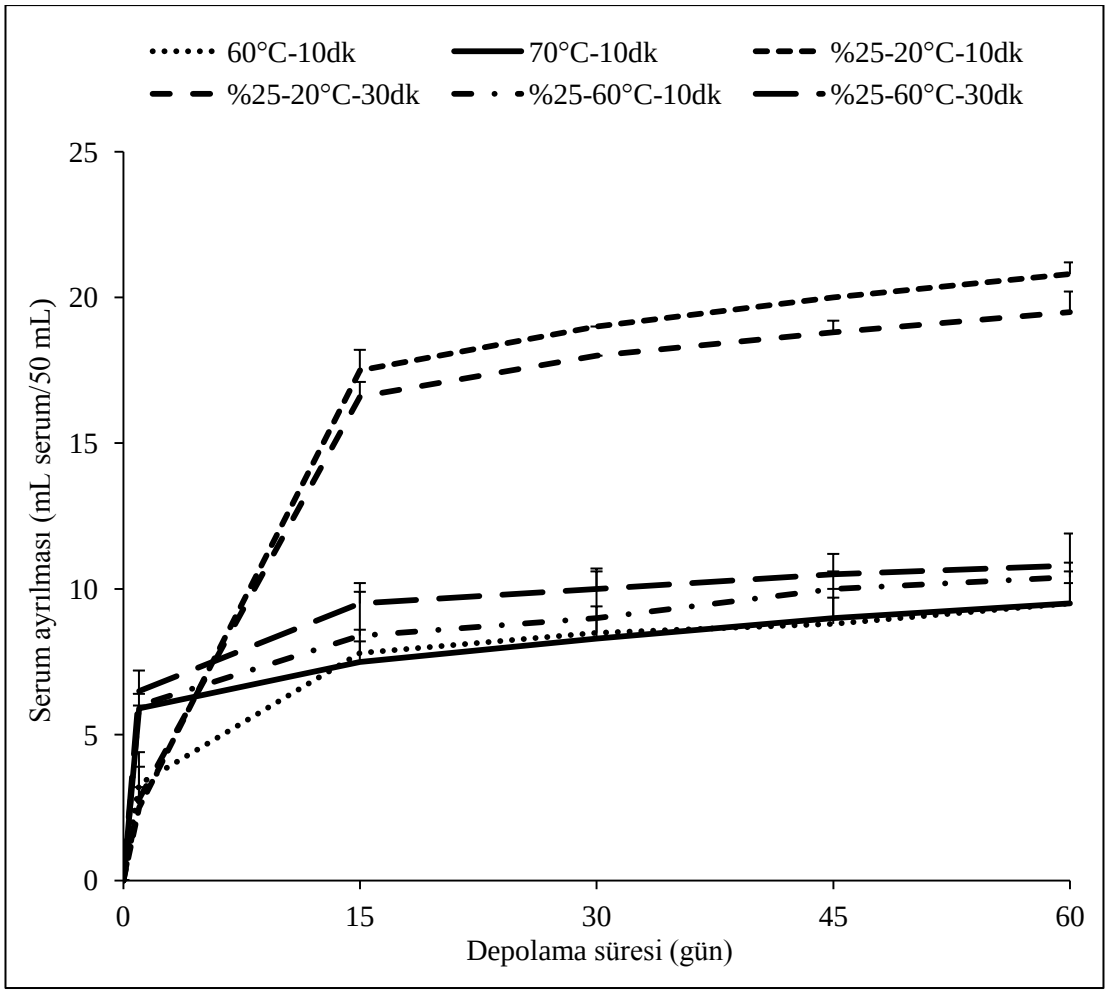
Şekil 4.18 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

4.4.1.2 Serum ayrılması

Örneklerdeki serum ayrılmasına uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge B.8). Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük serum ayrılması 60°C-10dk ve 70°C-10dk ısıl işlemleri ile %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde saptanmıştır. Ultrases etkisini belirlemek için hazırlanan 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek, %25güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnek ile benzer sonuçlar vermiş ve ultrases olmadan da 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte olduğu gibi yapının su tutmasını sağlamıştır. %25güç-20°C-10dk ve %25güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde depolama sonunda daha fazla serum ayrılması meydana gelmiştir (Şekil 4.19; Çizelge D.5).

Uzun ömürlü örneklere uygulanan ultrases ve ısıl işlemden önce homojenizatör ile bir karıştırma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem ile örneklerdeki protein parçacıkları belirli düzeyde parçalanmıştır. Isıl işlemin 70°C-10dk uygulandığı örnekte 60°C-10dk uygulandığı örneğe göre 1. günde daha fazla serum ayrılması meydana gelmiştir. Bu durum 70°C-10dk ısıl işleminin protein parçacıklarının daha fazla agregasyonuna sebep olduğunu göstermektedir. Ancak 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte 15. günde 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnektekine benzer seviyede serum ayrılması meydana gelmiştir. Ultrasesin 20°C'de uygulandığı örneklerde 60°C'deki uygulananlara göre 1. günde daha düşük serum ayrılması gözlenmiştir. Bu durum ultrasesin 20°C'de homojenizasyon etkisi, 60°C'de ise hem homojenizasyon hem agregasyon etkisi olduğunu düşündürmektedir. Depolamanın 15. gününde ise 20°C'de ultrases uygulanan örneklerde 60°C'de ultrases uygulanan örneklerdekine göre daha fazla serum ayrılması meydana gelmiştir. Bu sonuç, düşük sıcaklıkta ultrases uygulaması ile oluşan protein parçacıkları arasında depolama sırasında agregasyon olması ile açıklanabilir.

Çalışmada depolama boyunca serum ayrılması artış göstermiştir. En önemli artış depolamanın 15. gününde meydana gelmiştir. Atamer ve diğ. (1999)'de dayanıklı ayran ile yaptıkları çalışmada kontrol örneğinde (pektin ilavesiz) depolama süresince serum ayrılmasında en önemli artışı 15. günde saptamışlardır ve serum miktarındaki artış depolamanın diğer günlerinde önemsiz düzeyde devam etmiştir.



Şekil 4.19 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ertugay ve diğ. (2012), geleneksel yöntemle ayran üretimi gerçekleştirmişler ve bu ayranlara %40, 60 ve 80 güçlerde (500 W maksimum güçte) 2 ve 4 dk ultrases uyguladıktan sonra 14 gün depolamışlardır. Uygulanan güç ve süre arttıkça serum ayrılmasının işlem uygulanmamış örneğe göre azaldığını bildirmişlerdir. Bu etkiyi kavitasyon sonucu oluşan şok dalgaları ile iyi bir karışım sağlanması ile açıklamışlardır (Ertugay ve diğ, 2012).

4.4.1.3 Reolojik özellikler

Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemlerin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.8). En yüksek görünür viskozite 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır ve %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases işlemi ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler ile benzer bulunmuştur. 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem ile %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk

ultrases uygulanan örneklerin tiksotropilerinin en yüksek olduğu saptanmıştır. 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek serum ayrılmasında olduğu gibi reolojik özelliklerde de 60°C'de ultrases uygulanan örneklere benzer sonuçlar vermiş ultrases işleminin tek başına etkisi olmadığını göstermiştir. %25güç-20°C-10dk ile %25güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ise en düşük görünür viskozite ve tiksotropiye sahip örnekler olarak belirlenmişlerdir (Çizelge 4.7). Fermente süt içeceklerine uygulanan 20°C'deki ultrases işlemlerinde ultrasesin homojenizasyon etkisi sebebiyle görünür viskozitede azalma meydana gelmiştir. 60°C'de uygulanan ultrases ve 70°C'de uygulanan ısıl işlemlerinde protein-protein etkileşimlerinin artması sebebiyle görünür viskozitede artış meydana gelmiştir. 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğin 60°C'de ultrases uygulanan örneklerden daha yüksek viskozitede de olması ultrasesin homojenizasyon etkisinin bir sonucudur.

Ertugay ve diğ. (2012) geleneksel yöntemle üretilen ayranlara artan güç ve sürelerde (500 W, %40, 60 ve 80 güçlerde, 2 ve 4 dk) ultrases uygulanması sonucunda işlem uygulanmamış örneğe göre viskozitede artış sağlandığını bildirmişlerdir. Ayrıca tüm örneklerin psödoplastik davranış sergilediklerini bildirmişlerdir. Viskozitedeki artışı serum protein dış yüzeyine yerleşmiş hidrofilik özellikteki aminoasitlerin suyu daha fazla bağlaması ve serum proteini globüllerinin yeniden oluşma yeteneği ile ilişkilendirmişlerdir (Ertugay ve diğ, 2012).

Serum proteini çözeltileri ile yapılan çalışmalarda önce ısıl işlem ardından da tekrar ısıl işlem ya da ultrases uygulanmış örneklerde, ultrases işleminde kavitasyonun oluşturduğu kayma kuvvetinden dolayı viskozitede azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Isıl işlem uygulanması ile viskozitede meydana gelen artış ise serum proteini agregasyonuna bağlanmıştır (Ashokkumar ve diğ, 2009). Benzer şekilde serum proteini konsantreleri ile yapılan bir çalışmada iki ısıl işlem sonucunda örneklerin viskoziteleri ve partikül boyutunun arttığı ancak ısıl işlemin ardından ultrases uygulanmasının viskozite ve partikül boyutunda azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Zisu ve diğ, 2010).

Kıvam katsayısı 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerde en yüksek bulunmuştur. Bu ısıl işlem uygulanan örneklerin %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ile benzer oldukları saptanmıştır. %25güç-20°C-10dk ile %25güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ise en düşük kıvam katsayısına sahip olmuşlardır (Çizelge 4.7).

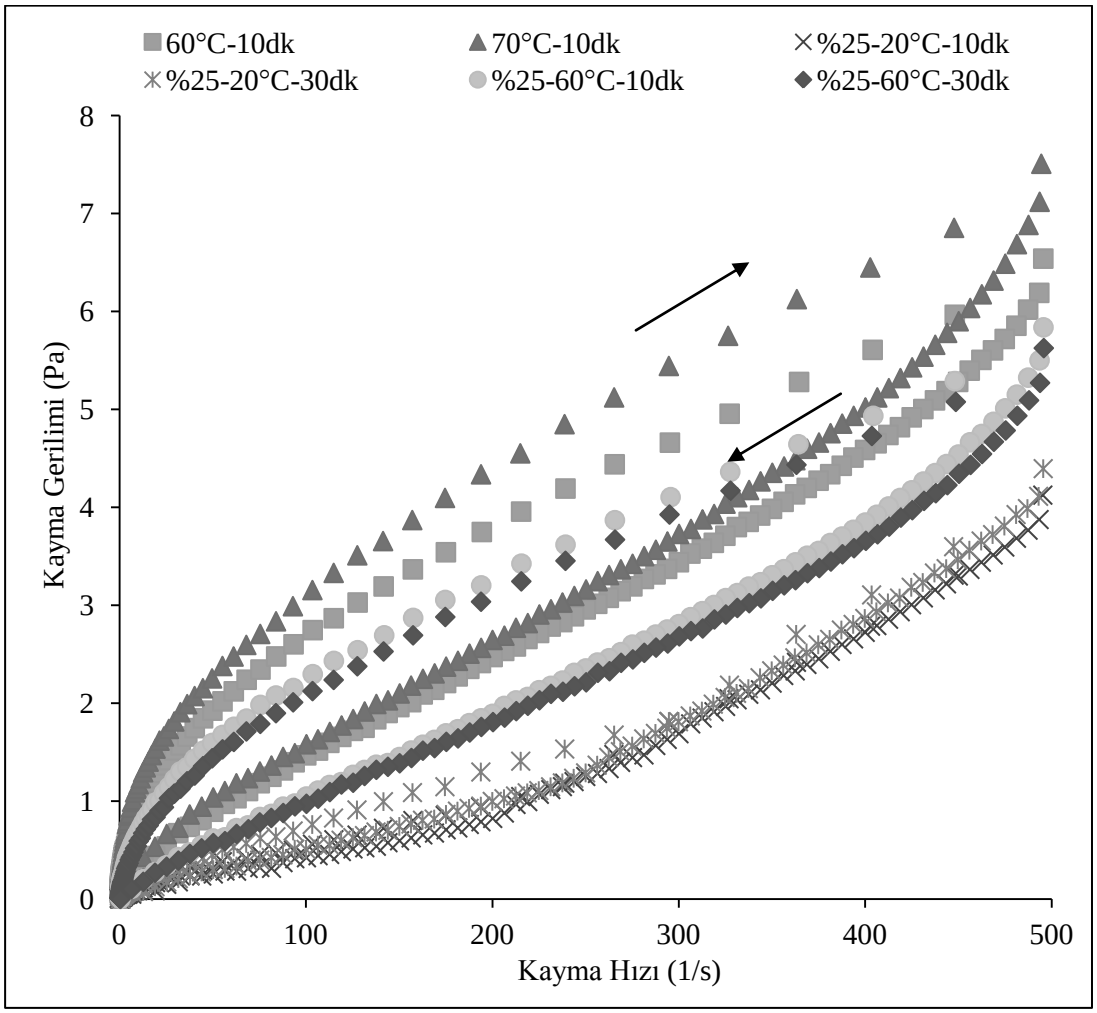
Çizelge 4.7 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s-1, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	60	10	38,6±5,8^{bc}	557,9±87,6^{b}	284,1±103,4^{b}	0,50±0,05^{a}
-	70	10	45,3±5,6^{c}	728,0±67,8^{b}	372,3±99,7^{b}	0,47±0,04^{a}
25	20	10	6,2±0,7^{a}	57,1±7,7^{a}	8,2±2,9^{a}	0,93±0,06^{c}
25	20	30	9,0±0,9^{a}	115,0±12,5^{a}	22,0±4,5^{a}	0,78±0,03^{b}
25	60	10	32,0±1,7^{bc}	565,0±21,2^{b}	192,0±22,3^{ab}	0,54±0,02^{a}
25	60	30	28,8±1,1^{b}	535,0±23,6^{b}	150,0±13,1^{ab}	0,57±0,01^{a}

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Akış davranış indeksinin 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler ile %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde en düşük olduğu saptanmıştır. 20°C'de ultrases uygulanan örnekler, 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekten daha yüksek akış davranış indeksine sahip bulunmuştur. Akış davranış indekslerine göre örnekler psödoplastik davranış sergilemektedirler. %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek en yüksek akış davranış indeksine sahiptir ve Newton tipi davranışa yaklaşmaktadır.

Örneklerin akış grafiklerinde 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerin benzer eğilim gösterdikleri belirlenmiştir. %25güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler birbirleri ile benzer kayma gerilimi göstermişlerdir. 20°C'de ultrases uygulanan örnekler en düşük kayma gerilimine sahiptir ve halka alanları çok küçüktür (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

4.4.2 %100-güçte ultrases işleminin tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi

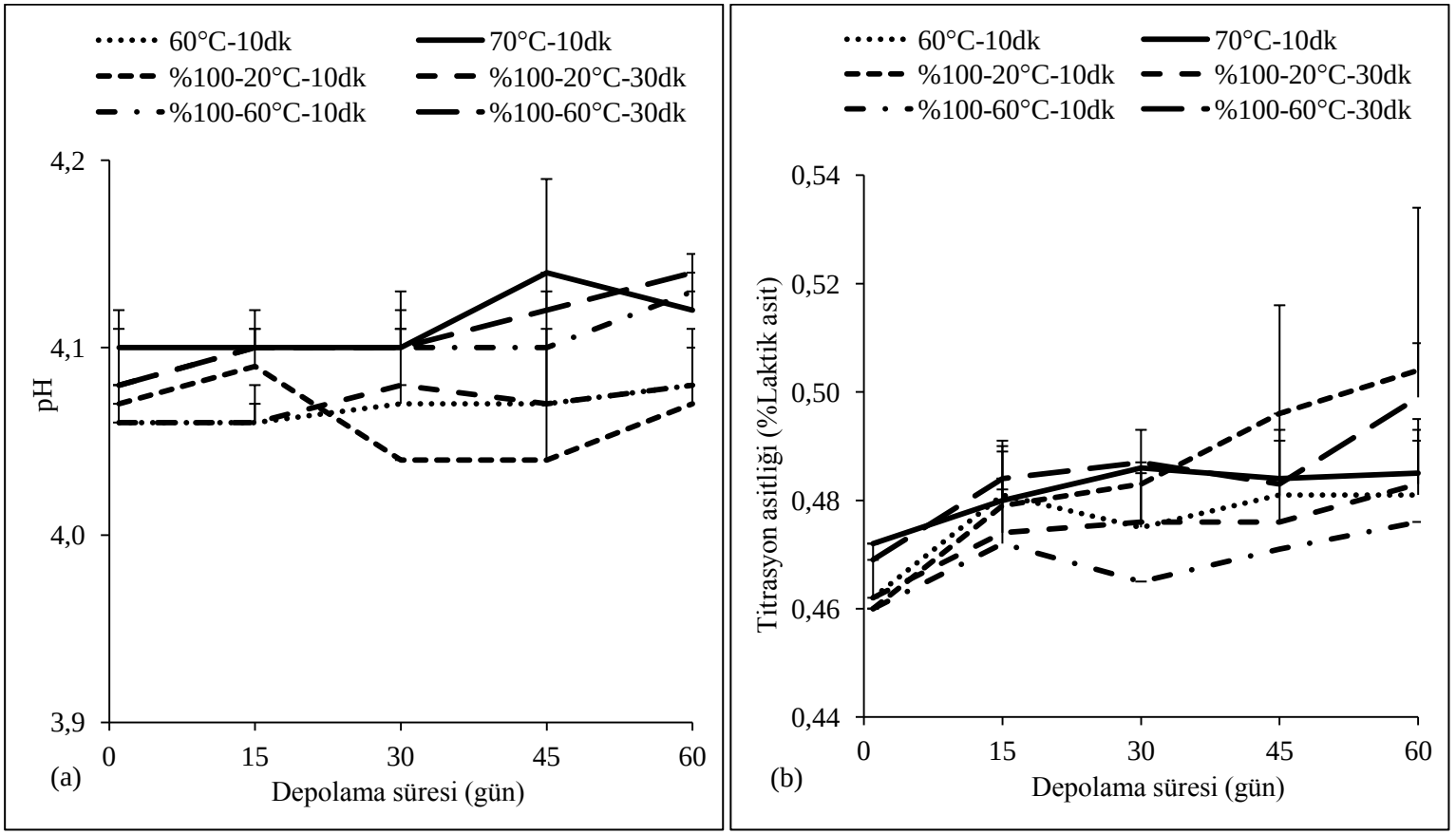
Yağlı ve tuzlu fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %5,4, yağ oranı %1,7 ve ilave edilen tuz oranı %0,8'dir.

4.4.2.1 Kimyasal özellikler

Çalışmada tuzlu olarak üretilen uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin pH değerine uygulanan işlemin etkisi, asitliğe ise uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.9). Fermente süt içeceklerinde genel olarak pH ve titrasyon asitliğinde uygulanan işlemler arasında farklılık meydana gelmiş olsa da depolamanın 60. gününde tüm örneklerin pH değerleri ve asitlikleri benzer bulunmuştur. Böylece %100-güçte ultrases işlemi uygulanmasının 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğe benzer oranda kültür inaktivasyonu gerçekleştirdiği söylenebilir (Şekil 4.21; Çizelge C.13; C14).

%25-güçte ultrases uygulanması ile üretilen örneklerde depolamanın 30 gününde meydana gelen değişimin %100-güçte ultrases uygulanan örneklerde gözlenmemesi gücün artması ile ultrasesin kültür inaktivasyonu üzerine etkisinin arttığını düşündürmektedir.

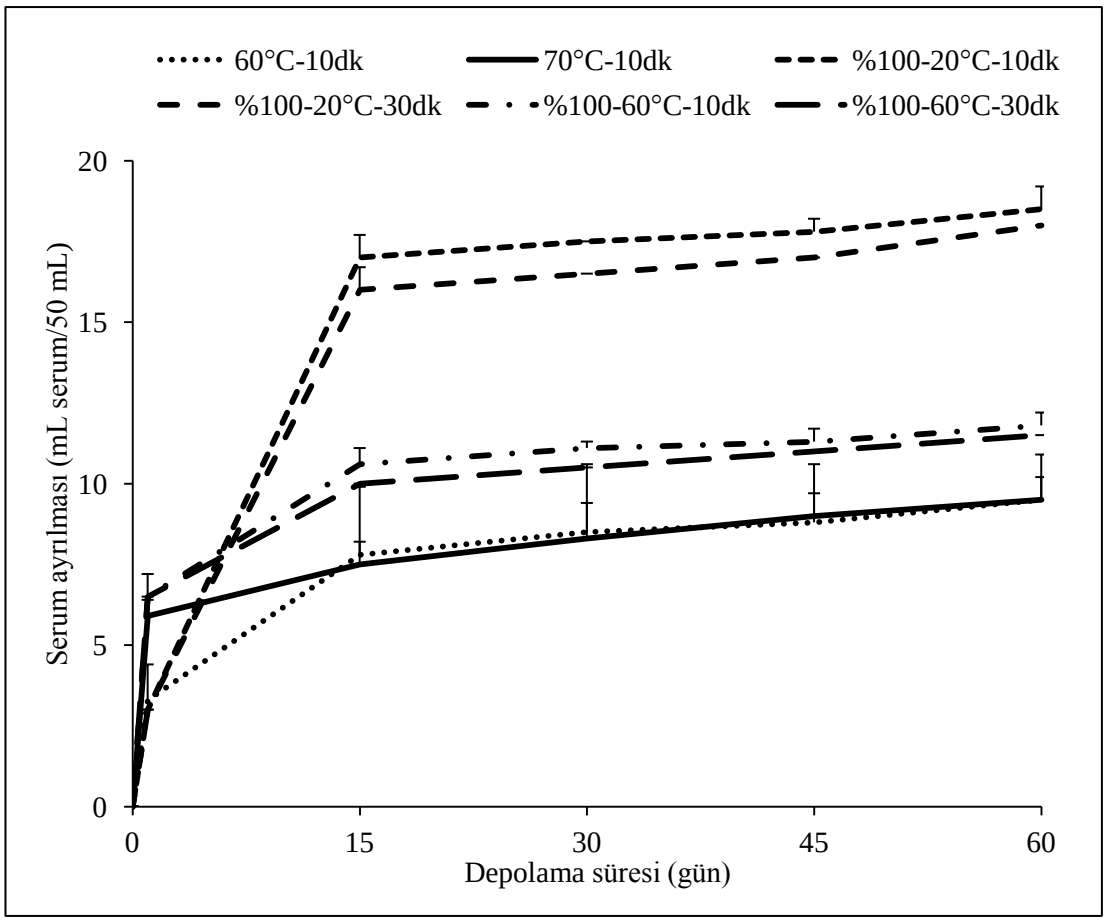
Örneklerin pH değerlerinde 60 günlük depolama boyunca önemli bir değişim saptanmamıştır. Titrasyon asitliğinde ise örnekler depolamanın 1. gününde en düşük asitliğe sahip olmuşlardır ve depolama boyunca asitlikte artış gözlenmiştir. En önemli artış depolamanın 15. gününde gözlenmiştir.



Şekil 4.21 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

4.4.2.2 Serum ayrılması

Uzun ömürlü fermente süt içeceklerindeki serum ayrılması üzerine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.9). Depolama sonunda en az serum ayrılmasının 60°C-10dk ve 70°C-10dk ısıl işlem ve %100güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde meydana geldiği saptanmıştır. En fazla serum ayrılması %100güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.22; Çizelge D.7). %100güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde ultrasesin sadece fiziksel etkisi olduğundan depolamanın ilk gününde boyutu küçülen parçacıklar askıda olduklarından az miktarda serum ayrılması gözlenmiştir. Ancak depolama boyunca parçacıklar birleşerek çökmüşlerdir ve serum ayrılmasında artışa sebep olmuşlardır. 60°C'de ultrases uygulanan örneklerde ise proteinlerin agregasyonu sonucunda 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğe benzer serum ayrılmasının meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 4.22 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Çalışmada en az serum ayrılması depolamanın 1. gününde gözlenmiştir ve depolama boyunca serum ayrılmasındaki artış devam etmiştir. Depolama süresince küçük olan parçacıklar zamanla birleşerek çökmektedir ve ayrılan serum miktarında zamanla artışa sebep olmuşlardır. Örneklerde depolama boyunca en önemli artış 15. günde saptanmıştır.

4.4.2.3 Reolojik özellikler

Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemlerin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.9). %100-güçte ultrases uygulanan tuzlu örneklerin reolojik özellikleri %25-güçte ultrases uygulanan örneklerin reolojik özelliklerine benzer eğilim göstermiştir (Çizelge 4.7; 4.8)

Tuzlu fermente süt içeceklerinde en yüksek görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Ancak bu ısıl işlem uygulanan örnek, 60°C-10dk ısıl işlem ve %100güç-60°C-10dk ile %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerle benzer bulunmuştur. %100güç-20°C-10dk ile %100güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ise en düşük görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısına sahip örnekler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

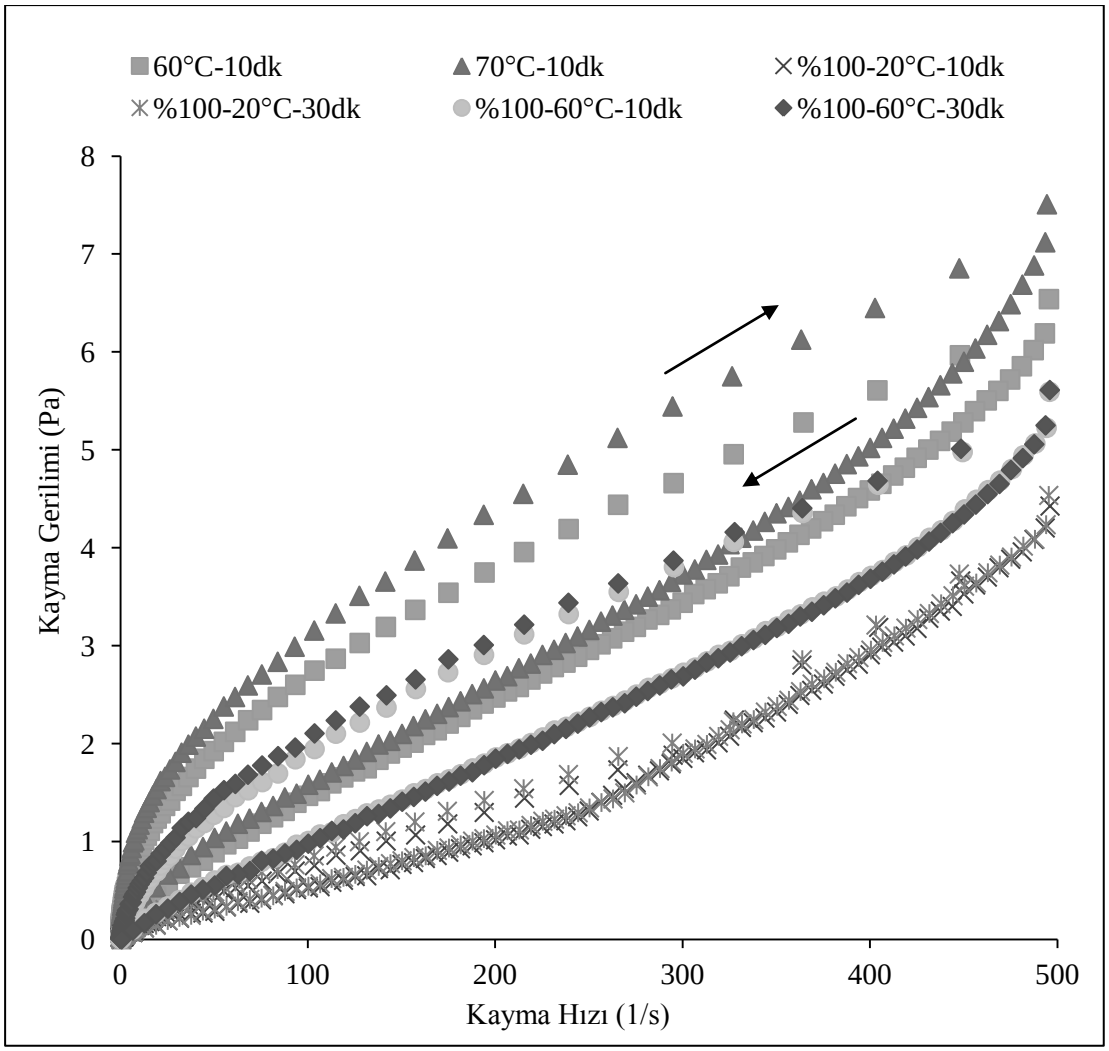
Akış davranış indeksi en düşük 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır ve 60°C-10dk ısıl işlem, %100güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ile benzer bulunmuştur. %100güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örnekler en yüksek akış davranış indeksine sahiptir. Örneklerin akış davranış indekslerine bakıldığında tüm örneklerin psödoplastik davranış sergiledikleri gözlenmiştir.

Örneklerden 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler ile %100güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerin kayma hızı-gerilimi arasındaki ilişkinin benzer oldukları belirlenmiştir. Ancak artan kayma hızında %100güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örnekler, 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerden daha düşük kayma gerilimine sahip olmuşlardır. %100güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-30dk ultrases uygulanan örnekler ise en düşük kayma gerilimine sahip örnekler olmuşlardır (Şekil 4.23).

Çizelge 4.8 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s-1, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	60	10	38,6±5,8^{cd}	557,9±87,6^{bc}	284,1±103,4^{bc}	0,50±0,05^{ab}
-	70	10	45,3±5,6^{d}	728,0±67,8^{c}	372,3±99,7^{c}	0,47±0,04^{a}
100	20	10	9,5±1,0^{a}	120,2±7,3^{a}	19,9±0,5^{a}	0,80±0,00^{d}
100	20	30	10,0±0,7^{ab}	138,1±6,6^{a}	24,0±1,4^{a}	0,78±0,01^{d}
100	60	10	25,5±0,9^{bc}	454,9±27,7^{b}	107,1±8,0^{ab}	0,63±0,01^{c}
100	60	30	28,8±1,9^{c}	514,8±38,8^{bc}	141,7±25,7^{abc}	0,58±0,03^{bc}

a-d: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

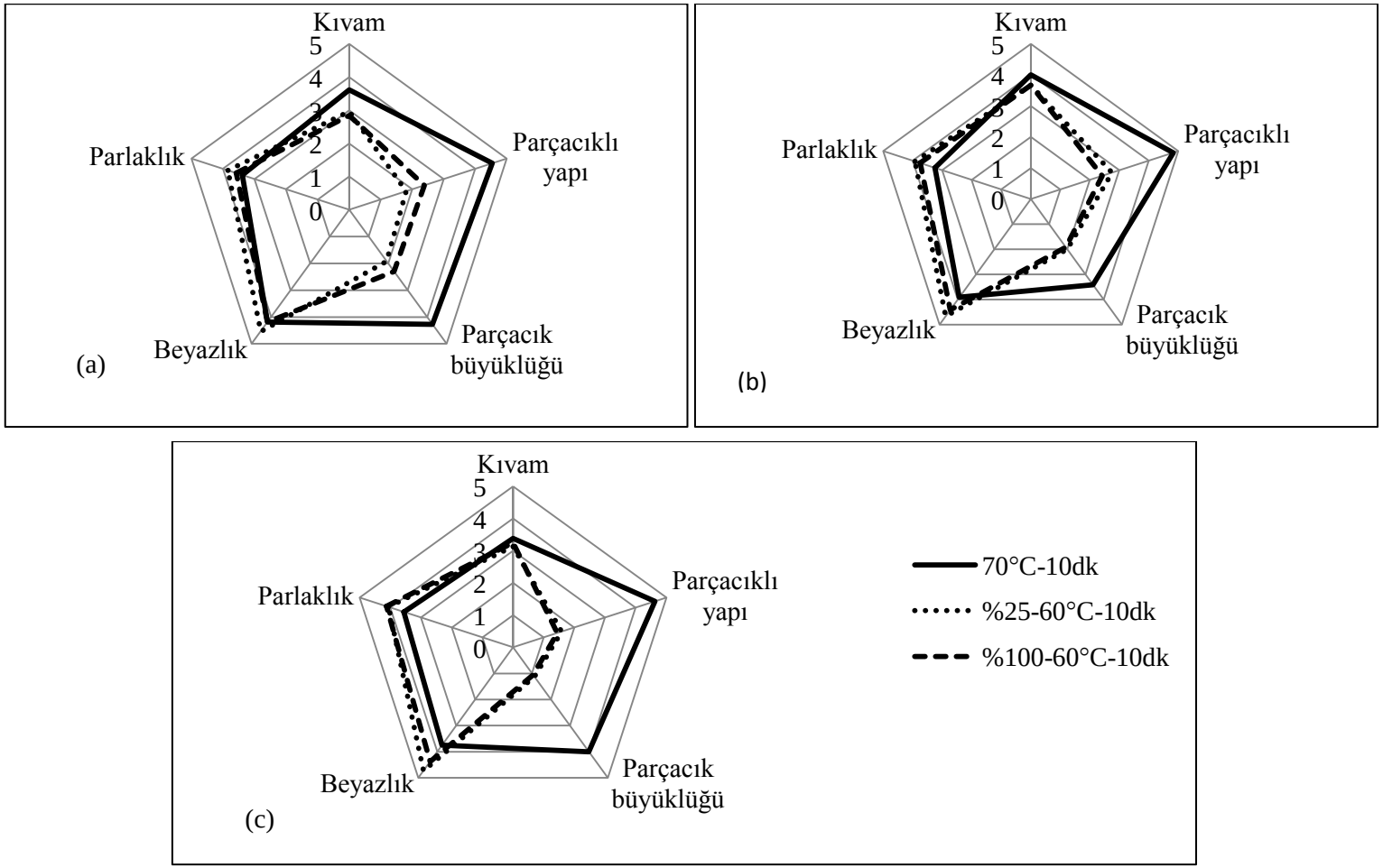


Şekil 4.23 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

4.4.2.4 Duyusal özellikler

Fermente süt içeceklerinin parçacıklı/pıhtılı yapı ve parçacık büyüklüğüne uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuşken, kıvama depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.10; B.11).

Örneklerin kıvamına uygulanan işlemlerin önemli bir etkisi olmamışken zamanla kıvamda artış belirlenmiştir (Şekil 4.24; Çizelge E.3). Reometre ile yapılan viskozite ölçümlerinde de 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğin ultrases uygulanan örneklerden daha yüksek viskoziteye sahip olduğu ancak 60°C'de ultrases uygulanan örneklerin viskoziteleri ile benzer oldukları saptanmıştır (Çizelge 4.7; 4.8).



Şekil 4.24 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri. (a): 1. gün, (b): 30. gün, (c): 60. gün.

70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek, ultrases uygulanan örneklere göre daha fazla parçacıklı yapıya sahip bulunmuştur. Örneklerde depolama süresi boyunca parçacıklı yapıda ve parçacık büyüklüğünde önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Ultrases işleminin homojenizasyon etkisinden dolayı fermente süt içecekleri daha küçük parçacıklı yapıya sahip olmuştur (Şekil 4.24; Çizelge E.3). Zisu ve diğ. (2010), serum proteini konsantreleri ile yaptıkları çalışmalarında iki ısıl işlem uygulanması ile serum proteini agregasyonuna bağlı olarak parçacık büyüklüğünde artış belirlemişlerdir. Aynı çalışmada ısıl işlemden sonra ultrases uygulanması ile parçacık büyüklüğünde kavitasyon sonucu oluşan kayma gücüne bağlı olarak azalma gözlendiği bildirilmiştir.

Fermente süt içeceklerinin beyazlık ve parlaklığına uygulanan işlemlerin ve depolama süresinin önemli bir etkisi saptanmamıştır.

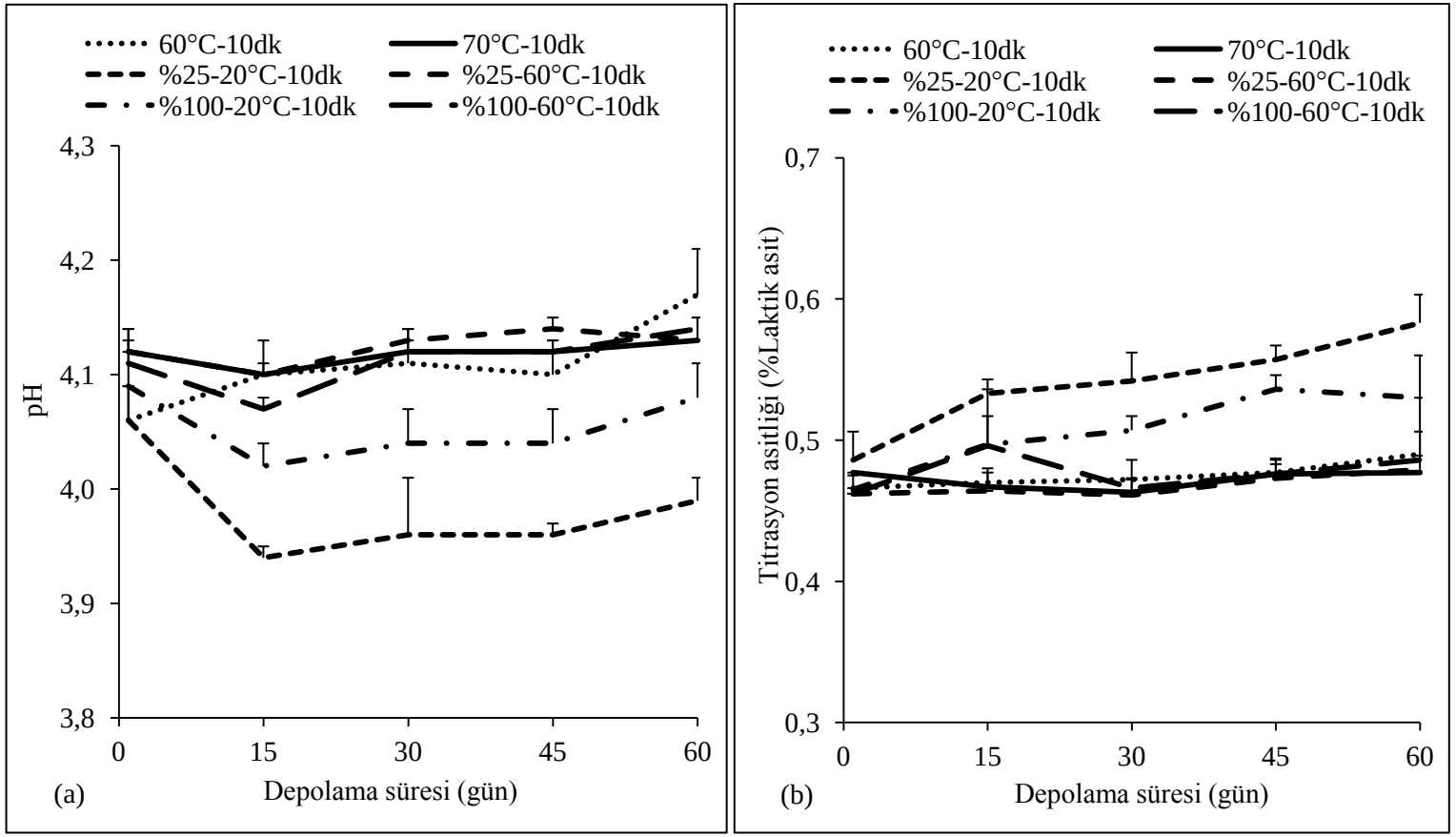
4.4.3 %25 ve %100-güçte ultrases işleminin tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceğinin fiziksel, kimyasal ve duyusal yapı özelliklerine etkisi

Yağlı ve tuzsuz fermente süt içeceklerinin kuru maddesi %5,4 ve yağ oranı %1,7'dir.

4.4.3.1 Kimyasal özellikler

Tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin pH ve titrasyon asitliğine uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.12). Tuzsuz 20°C'de ultrases uygulanan örneklerin pH ve titrasyon asitliğinde yeterli kültür inaktivasyonu sağlanmadığı için değişim meydana gelmiştir. 60°C'de ultrases uygulanan ve 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerde yeterli düzeyde inaktivasyon sağlandığından pH ve titrasyon asitliğinde önemli bir değişim meydana gelmemiştir (Şekil 4.25).

Örnekler arasında depolama sonunda en düşük pH değeri %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekte saptanmıştır ve %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek ile benzer bulunmuştur. Depolama sonunda daha yüksek pH değerine sahip olan 70°C-10dk ısıl işlem ile 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler ve %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir (Şekil 4.25a; Çizelge C.15). pH ile ters orantılı olarak depolama sonunda fermente içecekler arasında en fazla asitlik %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekte gözlenmiştir ve %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek ile



Şekil 4.25 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen bazı kimyasal özellikleri. (a): pH, (b): Titrasyon asitliği.

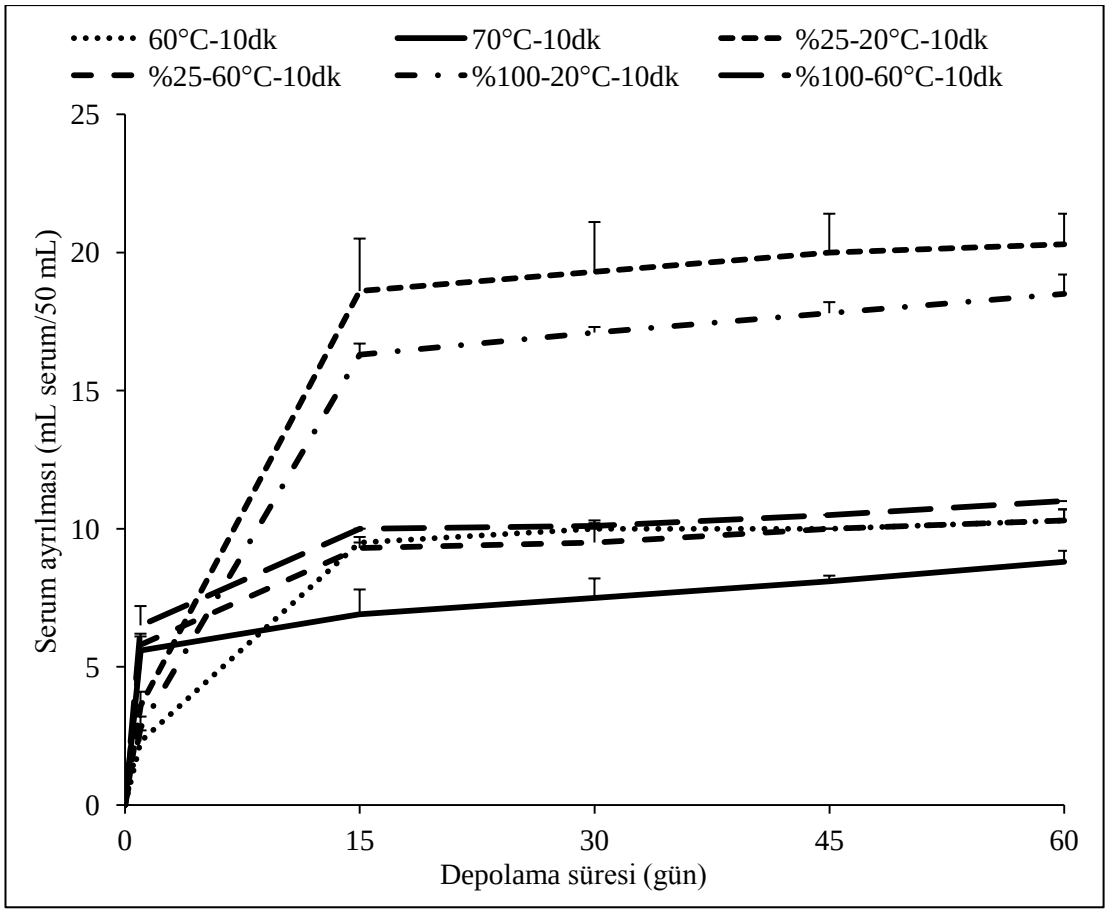
benzer bulunmuştur. Depolama sonunda daha düşük asitliğe sahip olan 70°C-10dk ısıl işlem ile 60°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekler ve %25güç-60°C-10dk ile %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir (Şekil 4.25b; Çizelge C.16). Genel olarak, %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekten daha yüksek pH ve daha düşük asitliğe sahip olduğundan kültürlerin inaktivasyonunda daha etkili olduğu düşünülebilir.

Depolama boyunca örneklerin pH değerinde ve asitliklerinde önemli düzeyde bir değişim saptanmamıştır.

4.4.3.2 Serum ayrılması

Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde meydana gelen serum ayrılmasına uygulanan işlemin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.12). Depolama sonunda en düşük serum ayrılmasına 70°C-10dk ve 60°C-10dk ısıl işlem ve %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerde saptanmıştır. %25güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örneklerde ise daha fazla serum ayrılması meydana gelmiştir (Şekil 4.26; Çizelge D.8). 20°C'de ultrases uygulanan örneklerde homojenizasyon etkisinden dolayı boyutu küçülen parçacıkların zamanla birleşerek serum ayrılmasında artış meydana getirdiği düşünülmektedir. 60°C'de ultrases ve 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerde ise agregasyon sonucu oluşan kararlı parçacıklardan dolayı zamanla daha az birleşme meydana geldiği ve daha az serum ayrılmasının gözlendiği düşünülmektedir.

Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolamanın 1. gününde en düşük serum ayrılması meydana gelmiştir ve depolama boyunca parçacıklar birleşerek çökmeye devam ettikleri için serum miktarında artış meydana gelmiştir. Serum ayrılmasındaki en önemli artış depolamanın 15. gününde saptanmıştır.



Şekil 4.26 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

4.4.3.3 Reolojik özellikler

Tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özelliklerine uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge B.12). Örnekler arasında en yüksek görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Bu örneğe en yakın sonuçları, 60°C-10dk ısıl işlem ile %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin verdiği saptanmıştır. %25güç-20°C-10dk ile %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekler ise en düşük görünür viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısına sahip örnekler olarak (Çizelge 4.9).

En küçük akış davranış indeksi 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Ancak 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek, 60°C-10dk ısıl işlem, %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler ile benzer bulunmuştur. %25güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekler 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerden daha yüksek akış davranış indeksine sahip

bulunmuşlardır. %25güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnek, %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örnekten daha yüksek akış davranış indeksine sahiptir. Tüm örneklerin akış davranış indekslerine bakıldığında örneklerin psödoplastik davranış sergiledikleri saptanmıştır.

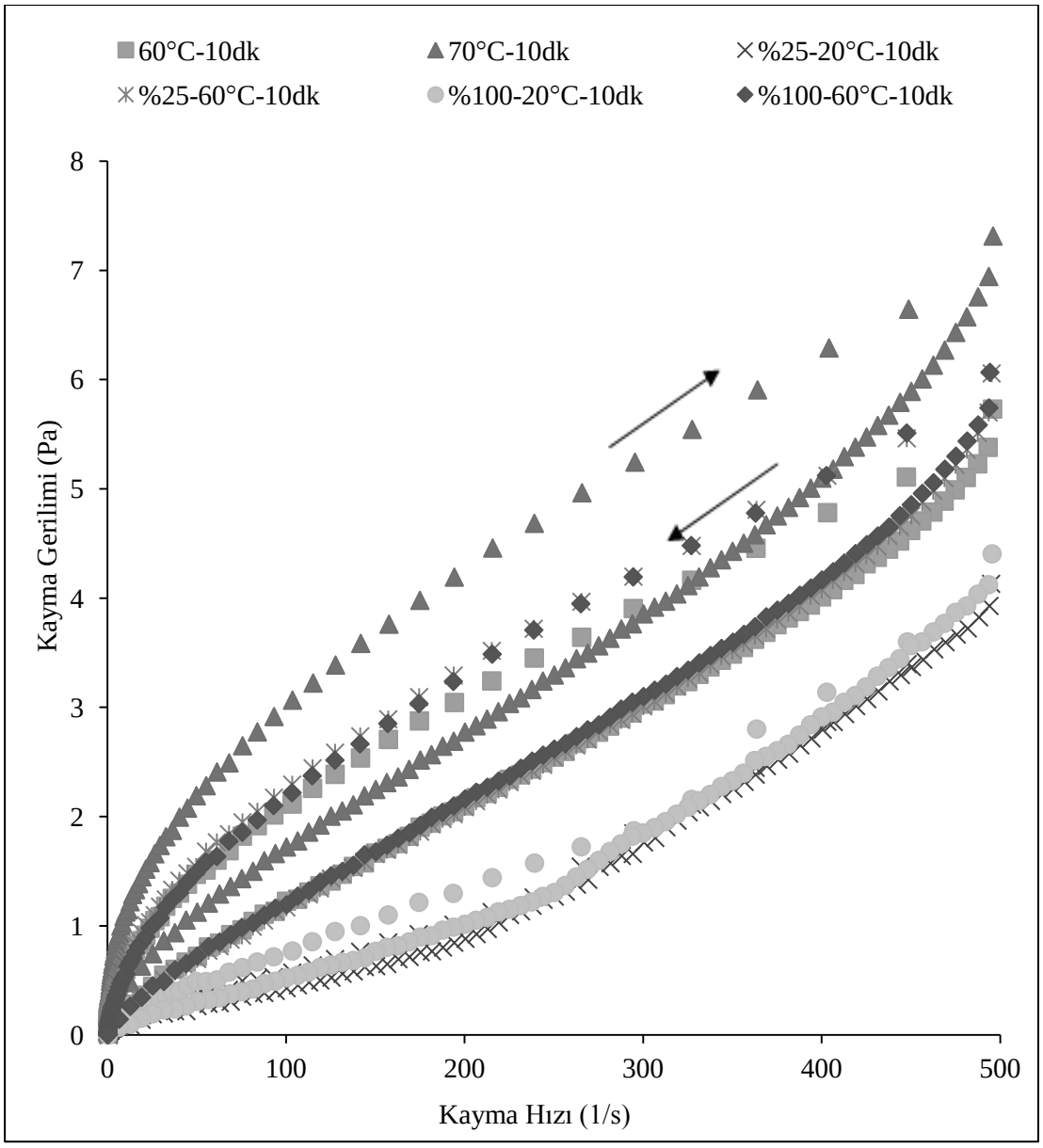
70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğin, 60°C-10dk ısıl işlem, %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekler ile akış grafiklerinde benzer eğilim gösterdikleri belirlenmiştir. Ancak 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneğin kayma geriliminin diğer örneklerden daha fazla olduğu gözlenmiştir. %25güç-20°C-10dk ve %100güç-20°C-10dk ultrases uygulanan örneklerin ise daha düşük kayma gerilimine sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.27).

Tuzlu ve tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde serum ayrılması ve reolojik özelliklerde uygulanan işlemlerin etkileri benzer bulunmuştur (Çizelge 4.8; 4.9).

Çizelge 4.9 : %25 ve %100-güçte ultrases işlemi uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin reolojik özellikleri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Görünür viskozite (@50s^{-1}, mPa.s)	Tiksotropi (Pa/s)	Kıvam katsayısı (k, mPa.s^n)	Akış davranış indeksi (n)
-	60	10	29,5±1,8^{b}	412,3±27,4^{b}	174,2±10,7^{b}	0,54±0,01^{ab}
-	70	10	43,9±2,3^{c}	617,9±25,7^{d}	359,1±12,8^{c}	0,47±0,00^{a}
25	20	10	7,3±1,7^{a}	58,2±6,4^{a}	10,6±3,0^{a}	0,88±0,04^{d}
25	60	10	30,9±1,2^{b}	522,2±17,7^{c}	175,7±3,0^{b}	0,56±0,00^{b}
100	20	10	9,8±0,8^{a}	114,6±20,3^{a}	24,4±3,0^{a}	0,76±0,02^{c}
100	60	10	29,9±2,2^{b}	470,6±30,8^{bc}	142,1±26,2^{b}	0,60±0,03^{b}

a-d: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).



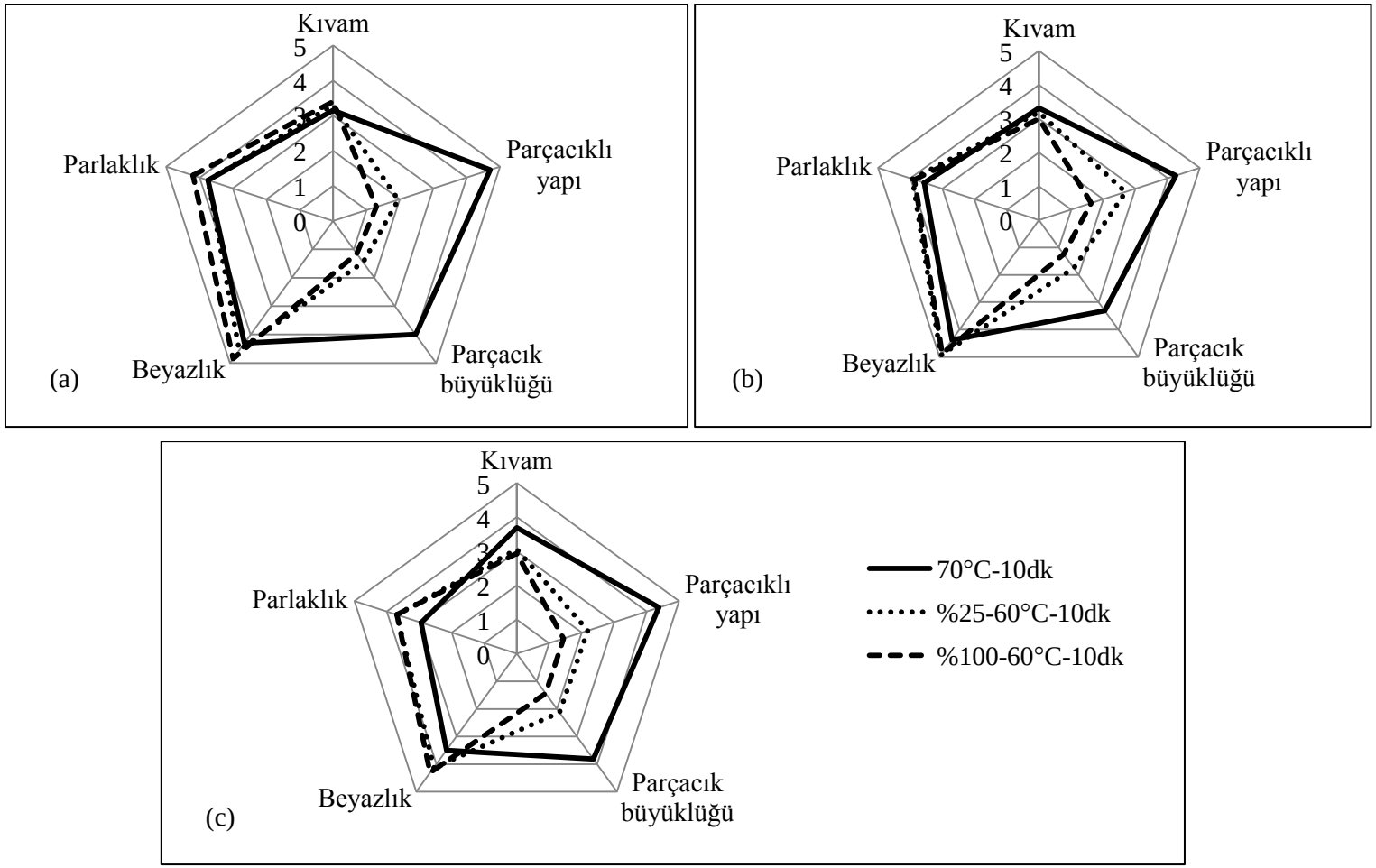
Şekil 4.27 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlemi uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi.

4.4.3.4 Duyusal özellikler

Fermente süt içeceklerinin parçacıklı/pıhtılı yapı ve parçacık büyüklüğü üzerinde uygulanan işlemin etkisi önemli bulunmuştur. Ancak depolama süresinin örneklerin duyusal yapı özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır (Çizelge B.13; B.14). Tuzsuz örneklerin kıvamı üzerinde uygulanan işlemin ve depolama süresinin önemli bir etkisi belirlenmemiştir (Şekil 4.28; Çizelge E.4). Reometre ile ölçülen viskozite değerlerinde işlem etkisi gözlenmesine rağmen panelistler tarafından bu farklılık algılanmamıştır.

Panelistler en fazla pıhtılı yapıyı 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte en az pıhtılı yapıyı ise %100-60°C-10dk ultrases uygulanan örnekte gözlemlemişlerdir. Depolama süresi boyunca bu özellikte önemli bir değişim gözlenmemiştir. Pıhtılı yapıya paralel olarak 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnekte en büyük parçacıklar gözlenirken ultrases uygulanan örneklerde daha küçük parçacıklar gözlenmiştir. Ultrases uygulanan örneklerin parçacık büyüklğünde farklılık gözlenmemiştir. Depolama boyunca ise bu özellikte önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Örneklerin beyazlığına ve parlaklığına uygulanan işlemin ve depolama süresinin önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.28 : %25- ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlemi uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen duyusal yapı özellikleri. (a): 1. gün, (b): 30. gün, (c): 60. gün.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, fermente süt içecekleri üretiminde yüksek güçlü ultrases işleminin kullanımının ürünün fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ömürlü fermente süt içeceği üretiminde yüksek sıcaklıkta ısıl işlem yerine kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla, pastörize homojenize yağlı ve yağsız sütlere farklı güç, sıcaklık ve sürede (%25-100güç, 20-60°C, 10-30dk) ultrases işlemi uygulanarak tuzlu ve tuzsuz fermente süt içeceği üretilmiştir ve 30 gün boyunca 4°C'de depolanmıştır. Aynı sütlere geleneksel üretim yönteminde uygulanan ısıl işlem (85°C, 30dk) uygulanarak fermente süt içecekleri üretilmiş ve depolanmıştır. Hazırlanan içeceklerde pH, titrasyon asitliği, reolojik özellikler, serum ayrılması ve duyusal yapı özellikleri ölçülerek örnekler karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasındai yağlı pastörize süte geleneksel basınç homojenizasyonu yerine yüksek güçlü ultrases işlemi (%25-100güç, 50°C) uygulanmış ve kısa ömürlü fermente süt içeceği üretilmiştir. Aynı süt geleneksel basınç yöntemiyle (basınç, sıcaklık) homojenize edilmiş ve benzer şekilde fermente süt içeceği üretilmiştir. Örneklerin kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikleri ölçülerek iki işlem açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise, yüksek güçlü ultrases işleminin uzun ömürlü fermente süt içeceği üretiminde fermentasyondan sonra pastörizasyon amaçlı kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla, yağlı sütten tuzlu ve tuzsuz fermente süt içecekleri üretilerek bir kısmına farklı güç, sıcaklık ve sürede (%25-100güç, 20-60°C, 10-30dk) ultrases işlemi, bir kısmına da ısıl işlem (60-70°C, 10dk) uygulanmış ve 4°C'de 60 gün boyunca depolanmıştır. Örneklerin kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikleri ölçülerek işlemler açısından karşılaştırılmıştır

Yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte depolama sonrasında en düşük pH ve en yüksek asitlik bulunmuştur. Serum ayrılması depolama sonunda 85°C-30dk ısıl işlem ile %25güç-60°C-10dk ve %100güç-60°C-30dk ultrases uygulanan örneklerde benzer seviyede meydana gelmiştir.

%25güç-20°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örnekte daha yüksek düzeyde serum ayrılması saptanmıştır. 85°C-30dk ısıl işlem uygulanarak hazırlanan örneğin görünür viskozitesi ile %25güç-60°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örneğin görünür viskozitesi benzer bulunmuştur. En yüksek görünür viskozite %100güç-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örnekte en düşük görünür viskozite %25güç-20°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örnekte saptanmıştır. Hazırlanan fermente süt içeceklerinin akış davranışları üslü yasa modeli ile modellenmiştir. Akış davranış indeksleri incelendiğinde örneklerin psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir. %100güç-60°C-30dk ve %25güç-60°C-10dk ultrases işlemlerinin uygulandığı örneklerin kıvam katsayısı 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örneğinkinden yüksek bulunmuştur. Duyusal yapı analizinde ise, %100güç-60°C-10dk ve %25güç-60°C-10dk ultrases işlemleri uygulanan örneklerin kıvamı 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örneğin kıvamına benzer bulunmuştur. %25güç-20°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örneğin en düşük kıvama sahip olduğu saptanmıştır. Parçacıklı yapı, parçacık büyüklüğü, beyazlık ve parlaklık özelliklerinde ise ısıl işlem ve ultrases uygulanan örnekler arasında bir farklılık belirlenmemiştir.

Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük pH değeri ve en yüksek titrasyon asitliği 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte belirlenmiştir. %25güç-60°C-10dk ultrases ve 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örneklerin serum ayrılması ve reolojik özellikleri benzer bulunmuştur. %25güç-20°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örneğin 85°C-30dk ısıl işlemi uygulanan örnekten daha düşük görünür viskozite ve kıvam katsayısına ve daha yüksek serum ayrılması ve akış davranış indeksine sahip olduğu saptanmıştır. Duyusal değerlendirmede yağlı ve tuzlu örneklerle benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Yağsız ve tuzlu örneklerin pH ve titrasyon asitliğinde ultrases uygulanan örnekler ile 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekğin benzer sonuçlar verdiği saptanmıştır. Yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde ise depolama sonunda en düşük pH değeri ve en yüksek asitlik 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Yağsız tuzlu ve tuzsuz örneklerde en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı ile depolama sonunda meydana gelen en düşük serum ayrılması 85°C-30dk ısıl işlem uygulanan örnekte saptanmıştır. Tüm örneklerin psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir. Yağsız örneklerde ultrases işlemi

ile 85°C-30dk ısıl işleminin fiziksel özellikler açısından farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Ultrases işleminin homojenizasyon etkisini belirlemek için tuzsuz fermente süt içecekleri hazırlanmıştır. Geleneksel homojenizasyon işlemi ve ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin depolama sonunda pH değerleri, asitlikleri ve meydana gelen serum ayrılması benzer bulunmuştur. %100güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örnek en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı sahiptir. Geleneksel homojenizasyon uygulanan örnek ile %25güç-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenize edilen örneklerin görünür viskozite ve kıvam katsayısı farklı bulunmamıştır. Tüm örneklerin psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir.

Uzun ömürlü tuzlu fermente süt içeceklerinde %25 güçte 20°C'de ultrases uygulanan örneklerin depolamanın 30. gününde pH değeri en düşük bulunmuştur. Isıl işlem (70°C-10dk) uygulanan örnek ile 60°C'de ultrases uygulanan örneklerin pH değerleri benzer bulunmuştur. %25 güçte 20°C sıcaklıkta ultrases uygulanan örneklerde depolamanın 30. gününde en fazla asitlik meydana gelirken sıcaklık 60°C'ye çıkarıldığında asitlikte azalma meydana gelmiştir ve 70°C-10dk ısıl işlemi ile benzer bulunmuştur. %100 güçte ultrases uygulanan ve 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örneklerin depolama sonunda pH ve asitliği benzer bulunmuştur. Tuzlu örnekler arasında depolama sonunda en az serum ayrılması 70°C-10dk ısıl işlemi ve 60°C sıcaklıkta ultrases uygulanan örneklerde elde edilmiştir. Sıcaklık 20°C olduğunda serum ayrılmasında artış gözlenmiştir. 70°C-10dk ısıl işlem uygulanan örnek en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısına sahip bulunmuştur. Ultrases işlemi 60°C'de uygulandığında 70°C-10dk ısıl işlem uygulaması ile elde edilen reolojik özelliklere benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ultrases işlemi 20°C'de uygulandığında viskozite ve kıvam katsayısında azalma meydana gelirken akış davranış indeksinde artış saptanmıştır. Tüm örneklerin psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir. Duyusal analizlerde kıvam üzerinde uygulanan işlemin bir etkisi saptanmamış zamanla kıvamda artış gözlenmiştir. En fazla parçacıklı yapı ve en büyük parçacıklar 70°C-10dk ısıl işlemi uygulanan örnekte saptanmıştır. Örneklerin beyazlığı ve parlaklığı üzerine uygulanan işlem ve depolama süresinin etkisi belirlenmemiştir.

Tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama sonunda en düşük pH değeri ve en yüksek asitlik 20°C'de ultrases uygulanan örneklerde saptanmıştır. Depolama sonunda 60°C'de ultrases uygulanan örneklerin pH değeri ve asitliği ise 70°C-10dk ısıl işlemi ile benzer sonuçlar vermiştir. Depolama sonunda en az serum ayrılması 70°C-10dk ısıl işlem ve 60°C'de ultrases uygulanan örneklerde meydana gelmiştir. 70°C-10dk ısıl işlemi en yüksek görünür viskozite ve kıvam katsayısı sahiptir. 60°C'de ultrases uygulanan örnekler reolojik özellikler açısından 70°C-10dk ısıl işlemine en yakın değerleri vermişlerdir. 20°C sıcaklıkta ultrases uygulanması ile daha düşük görünür viskozite ve kıvam katsayısına ulaşılmıştır. Tüm örneklerin psödoplastik ve tiksotropik davranış sergiledikleri belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmede ise tuzlu uzun ömürlü içeceklere benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Yağlı kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde fiziksel kalite özellikleri açısından %25güç-60°C-10dk ultrases işlemi ısıl işleme en yakın sonuçları vermiştir. Yağsız örneklerde ise ısıl işleme yakın sonuçlar elde edilmemiştir. Ultrases işleminin homojenizasyon etkinliğini belirlemek için hazırlanan örneklerden serum ayrılmasında ultrases işlemi ve geleneksel homojenizasyon benzer sonuçlar vermiş iken, reolojik özelliklerde en yakın sonucu %25güç-50°C-10dk ultrases işlemi vermiştir. Uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde ise 70°C-10dk ısıl işlem en yakın sonuçları 60°C'de uygulanan ultrases işlemleri vermiştir. Çalışmanın tüm aşamalarında 20°C'de ultrases uygulamasının 60°C'ye göre istenen fiziksel özellikleri sağlamada yetersiz kaldığı belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde ultrases uygulanması sırasında örneklerde yanık tat ve koku belirlenmiştir. Uygulanan ultrases gücü, sıcaklık ve süre arttıkça oluşan yanık tat ve kokunun arttığı belirlenmiştir.

Kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin üretiminde ısıl işlem ve homojenizasyon yerine ultrases işleminin kullanılması üründe istenen fiziksel özellikleri sağlamak açısından önerilebilir. Ancak ultrasesin örneklerde yabancı bir yanık tat ve kokuya sebep olduğu gözlenmiştir. Ayrıca titanyum probun zaman içerisinde aşındığı ve örneğe bulaştığı gözlenmiştir. Ultrases işleminin düşük güçte uygulanması ve sürekli akış sistemine sahip bir cihazın kullanılması ile yabancı tat ve kokunun ve probtan bulaşmanın azaltılmasında yararlı olacağı düşünülmektedir. Yüksek güçlü ultrases işlemi süt ürünleri endüstrisinde kullanılmadan önce daha fazla çalışmalar yapılarak bahsedilen problemlerin çözülmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Anon. (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. (Tebliğ No: 2009/25), Resmi Gazete Sayı: 27143, 16 Şubat 2009, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.

AOAC, (2002). Acidity of milk: method 947.05, Ch. 33, *in Official Methods of Analysis*, 17th ed., Volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg.

Ashokkumar, M., Lee, J., Zisu, B., Bhaskarcharya, R., Palmer, M., Kentish, S. (2009). Hot topic: Sonication increases the heat stability of whey proteins. *Journal Dairy Science*, 92:5353-5356.

Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M., Zisu, B. (2010). The ultrasonic processing of dairy products-An overview. *Dairy Science Technology, 90*, 147-168.

Atamer, M., Sezgin, E. (1987). İnkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 12 (4): 213-220.

Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gencer, N., Yıldırım, G. (1999). Dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Gıda,* 24(2): 119-126.

Award, T. S., Moharram, H. A, Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48, 410–427

Baysal, T., Demirdöven, A. (2011). Ultrasound in Food Technology: Handbook on Applications of Ultrasound: *Sonochemistry for Sustainability*, Sf. 163-184, Edited by Ackmez Mudhoo., CRC Press.

Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Barbosa-Cánovas, G. V. (2008). Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment. *Journal of Food Science, 73*, 325-332.

Bermúdez-Aguirre, D., Corradini, M. G., Mawson, R. ve Barbosa-Cánovas, G. V. (2009a). Modeling inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 172-178.

Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Versteeg, K., Barbosa-Cánovas, G. V. (2009b). Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milkafetr thermal and thermo-sonication treatments. *Journal of Food Quality*, 32, 283-802.

Bourne, M. C. (2002). Physics and Texture: in *Food texture and viscosity: Concept and measurement,* Sf. 59-106, 2th Edition, New York: Academic Press.

Chandrapala, J., Zisu, B., Kentish, S., Ashokkumar, M. (2012). The effects of high-intensity ultrasound on the structural and functional properties of α-Lactalbumin, β-Lactoglobulin and their mixtures. *Food Research International,* xxx,xxx-xxx.

Chandrapala, J., Oliver, C., B., Kentish, S., Ashokkumar, M. (2012). Ultrasonics in food processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, xxx, xxx-xxx.

Chemat, F., Huma, Z., Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonic Sonochemistry,* 18, 813-835.

Chouliara, E., Georgogianni, K. G., Kanellopoulou, N., Kontominas, M. G. (2010). Effect of ultrasonication on microbiological, chemical and sensory properties of raw, thermized and pasteurized milk. *International Dairy Journal,* 20, 307-313.

Considine , T., Patel, H.A., Anema, S.G., Singh, H., Creamer, L.K. (2007). Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments — A Review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 1–23.

Corredig, M. ve Dalgleish, D. G. (1999). The mechanisms of the heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. *International Dairy Journal,* 9, 233-236.

Demirdöven, A., Baysal, T. (2009). The use of ultrasound and combined technologies in food preservations. *Food Reviews International,* 25: 1-11.

Earnshaw, R. G. (1998). Ultrasound: a new opportunity for food preservation: in *Ultrasound in Food Processing,* Sf. 181-191, Eds. Povey, M. J.W ve Mason, T. J., Blackie Academic& Professional, London.

Engez, S.T., Uğur, H., Karagülle, B. (2006). Ayran üretiminde çeşitli kıvam vericilerin kullanım olanaklarının araştırılması. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 2.2:129-134.

Ertugay, M. F., Şengül, M., Şengül, M. (2004). Effect of ultrasound treatment on milk homogenization and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 28*, 303-308.

Ertugay, M., 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* 37(5): 253-257.

Foley, J., Mulcahy, A.J. (1989). Hydrocolloid stabilisation and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured buttermilk. *Irish Journal of Food Science and Technology* 13:43-50.

Girard, M., Schaffer-Lequart, C. (2007). gelation and resistance to shearing of fermented milk: role of exopolysaccharides. *International Dairy Journal,*17, 666–673.

Güven, M. (1999). Stabilzör kullanımının yoğurtların bazı kalite kriterleri üzerine etkileri. *Gıda,* 23 (2): 133-139.

Harte, F., Luedecke, L., Swanson, B., Barbosa-Cánovas, G. V. (2003). Low-fat set yoğurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatics pressure and thermal processing. *Journal of Dairy Science, 86,* 1074-1082.

Herceg, Z., Lelas, V. (2005). The influence of temperature and solid matter content on the viscosity of whey protein concentrates and skim milk powder before and after tribomechanical treatment. *Journal of Food Engineering,* 66, 433–438.

Huppertz, T., Fox, P. F., de Kruif, K. G.,. Kelly, A. L. (2006). High pressure-induced changes in bovine milk proteins: A review. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1764, 593–598.

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.

Jambrak, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Krešić, G. (2010). Ultrasonic effect on physicochemical and functional properties of α-lactalbumin. *Food Science and Technology, 43*, 254-262.

Janhoj, T., Frost, M.B., Ipsen, R.(2008). Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids,* 22, 798-806.

Kınık, Ö., Kavas, G., Uysal, H., Kesenkaş, H. (2004). Yüksek hidrostatik basınç tekniğinin süt endüstrisindeki uygulamaları. *Gıda,* 29(1): 95-102.

Kiani, H., Mousavi, M.E., Razavi, H., Morris, E.R. (2010). Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink. *Food Hydrocolloids,* 24, 744-754.

Koçak, C., Avşar, Y. K. (2009). Ayran: Microbiology and Technology: *in Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products,* Sf. 123-141, Editör: Yıldız, F., CRC Press, New York.

Koçak, C., Avşar, Y.K., Tamucaç, B. (2006). A comparative study on the production methods of ayran. *Gıda,* 31 (4) : 225-231

Köksoy, A., Kılıç, M. (2003). Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkısh yoghurt drink. *International Dairy Journal,* 13 (2003) 835-839.

Köksoy, A. ve Kılıç, M. (2004). Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids, 18,* 593-600.

Krešić, G., Lelas, V., Jambrak, A. R., Herceg, Z., Brnčić, S. R. (2008). Influence of novel food processing Technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. *Journal of Food Engineering, 87*, 64-73.

Lawless, H. T., and H. Heymann. (1999). *Sensory Evaluation of Food,* 1st ed., Chapman and Hall, New York, NY.

Lee, W., Lucey, J. A. (2004). Rheological properties, whey seperation, and microstucture in set-style yogurt: effects of heating temperature and incubation temperature. *Journal of Texture Studies*, 34, 515-536.

Lee, W.J., Lucey, J.A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, Vol.23, No.9; 1127-1136.

Lopez-Fandino, R. (2006). High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology. *International Dairy Journal*,16, 1119–1131.

Lucey, A.J., Tamehana, M., Sıngh, H. and Munro, P.A. (1998)**.** Effect of interactions between denatured whey proteins and caseins micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels. *Journal of Dairy Research,* 65, 555-567.

Lucey, J. A. (2001). The relationship between rheological parameters and whey seperation in milk gels. *Food Hydrocolloids,* 15, 603-608.

Madadlou, A., Mousavi, M. E., Emam-Djomeh, Z., Ehsani, M., Sheehan, D. (2009). Comparison of pH-dependent sonodistruption of re-assembled casein micelles bu 35 kHz, and 130 kHz ultrasounds. *Journal of Food Engineering*, 95, 505-509.

Mason, T. J. (1998). Power ultrasound in food processing-the way forward: in *Ultrasound in Food Processing*, Sf. 105-126, Eds. Povey, M. J.W ve Mason, T. J., Blackie Academic& Professional, London.

Masson, L. M. P., Rosenthal, A., Calado, V. M. A., Deliza, R., Tashima, L. (2011). Effect of ultra-high pressure homogenization on viscosity and shear stres of fermentedd milk beverage. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 495-501.

Mehta, B. M., Oliveira, M. N. (2012). Fermented Dairy Products: *Fermentation Effects on Food Properties,* Sf. 259-283, Editör: Mehta, B. M., Kamal-Eldin, A., Iwanski, R. Z., CRC Press.

Meilgaard, M. M.,. Civille, G. V., Carr, T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*, 4th ed., CRC Press, New York.

Metin, M., Öztürk, G. F. (2002). Toplam kuru madde tayini ve homojenize edilmiş içme sütlerinde Gerber yöntemiyle yağ tayini: *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler),* Sf. 120-175, Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova-İzmir.

Milci, S., Yaygın, H. (2005). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ve süt ürünlerindeki fonksiyonları. *Gıda,* 30(2): 123-129.

Muthukumarappan, K., Tiwari, B. K., O'Donnel, C. P., Cullen, P. J. (2010). Ultrasound processing: rheological and functional properties of food: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, Sf.. 85-102, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.

Nguyen, N. H. A., Anema, S. G. (2010). Effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11*, 616-622.

O'Donnell, C.P., Tiwari, B.K., Bourke, P., Cullen, P. J. (2010). Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science&Technology,* 21, 368-367.

Oliveira, M.N., Sodini, I., Remeuf, F., Tissier, J.P., Corrieu, G. (2002). Manufacture of fermented lactic beverages containing probiotic cultures. *Journal of Food Science*- Vol. 67, Nr.6.

Özdemir, Ü., Kılıç, M. (2004). Influence of fermentatıon condıtıons on rheologıcal propertıes and serum separation of ayran.. *Journal of Texture Studies*, 35, 415-428.

Özen, A. E., Kılıç, M. (2009). Improvement of physical propertıes of nonfat fermented milk drink by usıng whey protein concentrate. *Journal of Texture Studies,* 40, 288–299.

Özer, B. (2006). Yoğurt üretiminde uygulanan işlemler: *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi,* Sf. 11-125, Editör: Barbaros Özer, 1. Baskı, Şanlıurfa.

Özer, B. (2009). Strategies for yogurt manufacturing: *in Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products, Sf.* 45-96, Editör: Yıldız, F., CRC Press, New York.

Patist, A., Bates, D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 147-154.

Penna, A. L. B., Gurram, S., Barbosa-Ca´novas, G.V. (2007). High hydrostatic pressure processing on microstructure of probiotic low-fat yogurt. *Food Research International*, 40, 510–519.

Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G. (2009). Characterization of volatile compounds generated in milk by high intensity ultrasound. *International Dairy Journal*, 19, 269-272.

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.

Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G. (2010). A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventioanlly heated milks. *Food Chemistry, 119*, 1108-1113.

Robinson, R. K., Lucey, J. A., Tamime, A. Y. (2006). Manufacture of yoghurt: in *Fermented Milks.* Edited by Tamime, A. Y., Sf. 53-74, Dairy Science and Technology Consultrant. Ayr. UK.

Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A. ve García-Hernández, M. J. (2010). Effect of ultrasound on food processing: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, Sf. 65-84, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.

Serra,M., Trujillo, A.J., Quevedo, J.M., Guamis, B., Ferragut, V. (2007).Acid coagulation properties and suitability for yogurt production of cows' milk treated by high-pressure homogenisation. *International Dairy Journal*, 17, 782–790.

Serra, M.. Trujillo, A.J, Guamis, B., Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*, 23, 82–91.

Sezgin, E. (2010). Fermente Süt Ürünleri Tekonolojisi: *Süt Teknolojisi*, Sf. 101-136, Editör: Yetişemeyen, A**.,** Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

Shaker, R. R., Abu-Jdayıl, B., İbrahim, S.A. (2001). Rheological properties of set yogurt during gelation process, II Impact of incubation temperature. *Milchwissenschaft*, 56(11), 622-625.

Shanmugam, A., Chandrapala, J., Ashokkumar, M. (2012). The effect of ultrasound on the physical and functional properties of skim milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, xxx, xxx–xxx.*

Şeker, P. (2008). Kısa ve uzun ömürlü fermente ayranlarda potasyum sorbat uygulamasının kaliteye etkisi *(doktora tezi).*

Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda, 34(4)*, 219-222.

Tamime, A. Y., Robinson, R. K. (1999). Background to manufacturing practice : *in Yoghurd: Science and Technology*, Sf. 11-103, 2nd Ed., CRC Press. Cambridge: Woodhead.

Tamuçay-Özünlü, B. (2005). Ayran kalitesine etkili bazı parametreler üzerine araştırmalar *(doktora tezi).*

Tamuçay-Özünlü, B., Koçak , C. (2010a). Süte farklı homojenizasyon basınçları uygulamanın ayran kalitesine etkisi. *Gıda,* 35(3):189-195.

Tamuçay-Özünlü, B., Koçak , C. (2010b). Farklı inkübasyon sonu asitliğinin ayran kalitesine etkisi. *Gıda,* 35(2):113-119.

Tamuçay-Özünlü, B., Koçak , C. (2010c). Süte farklı ısıl işlem uygulamalarının ayran kalitesine etkisi. *Gıda,* 35(5):355-362.

Teles, C. D., Flores, S. H. (2007). The influence of additives on the rheological and sensory properties of nonfat yogurt. *International Journal of Dairy Technology, Vol 60, No 4, Sf. 270-276.*

Torley, P. J., Bhandari, B. R. (2007). Ultrasound in Food Processing and Preservation: in *Handbook of Food Preservation.*, Sf. 713-732, Edited by M . Shafiur Rahman, Second Edition, CRC Press.

TS 3810, 2003. Kısa ömürlü ayran standardı, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

TS 6800, 2003. Uzun ömürlü ayran standardı, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

Türkmen, F. (2012). Yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal ve jelleşme özelliklerine etkisi *(yüksek lisans tezi).*

Udabage, P., Augustin, M. A., Versteeg, C., Puvanenthiran, A., Yoo, J. A., Allen, N., McKinnon, I.,Smiddy, M., Kelly, A.L. (2010). Properties of low-fat stirred yoghurts made from high-pressure-processed skimmilk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 32–38.

Ulusoy, K., Karakay, M. (2011). Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda,* 36 (2): 113-120**.**

Vasbinder, A. J., Alting, A. C.,Visschers, R. W., Kruif, C. G. (2003). Texture of acid milk gels: formation of disülfide cross-links during asidification. *International Dairy Journal*, 13, 29-38.

Vercent, A., Oria, R., Marquina, P., Chelier, S., Lopez-Buesa, P. (2002). Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication. *Journal of Agriculturel and Food Chemisty*, 50, 6165-6171.

Villamiel, M. ve Jong, P.(2000). Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*, 472-478.

Villamiel, M. ve Jong, P.(2000). Inactivation of Psedomonas fluorescens and Streptococcus thermophilus in TrypticaseR Soy Broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating. *Journal of Food Engineering*, 45, 171-179.

Walstra, P., Wouter, J. T. M., ve Geurts, T. J. (2005). Fermented Milks: in *Dairy Science and Technology*, Sf. 551–575, Second Edition, CRC Press, New York.

Wu, H., Hulbert, G. J., Mount, J. R. (2001). Effect of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science&Technologies, 1, 211-218.*

Yıldız, F. (2009). Overview Of Yogurt And Other Fermented Dairy Products: in *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*, Sf. 1-45, Editör: Yıldız, F., CRC Press, New York.

Zisu, B., Bhaskarcharya, R., Kentish, S., Ashokkumar, M. (2010). Ultrasonic processing of dairy systems in large scale reactors. *Ultrasonic Sonochemistry*, 17, 1075-1081.

EKLER

EK A : Duyusal Analiz Formu.

EK B : İstatistiksel Analiz Sonuçları.

EK C : Ultrases ve Isıl İşlem Uygulanması İle Üretilen Kısa ve Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceklerinin Depolama Süresince Ölçülen Kimyasal Özellikleri.

EK D : Ultrases ve Isıl İşlem Uygulanması İle Üretilen Kısa ve Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceklerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Serum Ayrılması.

EK E : Ultrases ve Isıl İşlem Uygulanması İle Üretilen Kısa ve Uzun Ömürlü Fermente Süt İçeceklerinin Duyusal Yapı Özellikleri.

EK A : Duyusal Analiz Formu

Ad, Soyad :

TANIMLAYICI DUYUSAL ANALİZ

Açıklamalar: Herbir kodlu örneği aşağıdaki özellikler açısından inceleyiniz. Örneği inceledikten sonra verilen skalada örneğin kod numarasını uygun kutucuğa yazınız. Bir kutucuk birden fazla örnek kodu içerebilir. Bir örneği denedikten sonra diğer örneğe geçmeden önce size verilen suyu içip, krakerden bir parça alınız ve tekrar ağzınızı su ile temizleyiniz. Örnekleri size sunulan sıraya göre değerlendiriniz.

YAPI ÖZELLİKLERİ								
Özellik	**0 Yok**	**1 Çok az**	**2 Az**	**3 Biraz**	**4 Orta**	**5 Biraz fazla**	**6 Fazla**	**7 Aşırı**
1) Kıvam								
2) Parçacıklı/pıhtılı yapı								
3) Parçacık büyüklüğü								
4) Beyazlık								
5) Parlaklık								

Yorumlar:

YAPISAL ÖZELLİKLERİN TANIMLARI

Özellik	Tanımı
Kıvam	İçilirken ağızda hissedilen yoğunluk Örneğin kaşıktan akış hızı Su : 0 – Bal : 7
Parçacıklı/pıhtılı yapı	Yapı içinde gözle görülen ve ağızda hissedilen düzeyde parçacık veya pıhtı bulunması Süt : 0 – Kesilmiş süt : 7
Parçacık büyüklüğü	Yapı içindeki parçacıkların büyüklüğü Un : 0 – Şeker : 7
Beyazlık	Grimsi : 0 – Kar beyazı : 7
Parlaklık	Margarin : 0 - Sıvı yağ : 7

EK B : İstatiksel Analiz Sonuçları

Fermente süt içeceklerinin kalite özelliklerine üretimde uygulanan işlem ve depolama süresi faktörlerinin etkileri istatiksel olarak incelenmiş ve sonuçlar aşağıda farklı gruplar için verilmiştir. P-değeri 0,05'ten küçükse faktör etkilidir. Faktör etkisi incelenmemiş ise bu "-" işareti ile gösterilmiştir.

Çizelge B.1 : Yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P-değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zaman	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	0,011	0,615	0,221	-	-	-	-

Çizelge B.2 : Yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	< 0,001	0,016	0,022	0,61	0,832
Zaman	0,773	0,209	0,372	< 0,001	< 0,001
İşlemxZaman	0,962	0,839	0,729	0,936	0,962

Çizelge B.3 : Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P-değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	0,004	<0,001	0,001	<0,001	0,003	0,001
Zaman	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	0,478	0,057	0,001	-	-	-	-

Çizelge B.4 : Yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	<0,001	0,001	0,005	0,742	0,718
Zaman	0,167	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
İşlemxZaman	0,944	0,917	0,848	0,985	0,959

Çizelge B.5 : Yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P-değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	0,003	0,008	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
Zaman	0,001	0,003	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	0,012	0,287	0,378	-	-	-	-

Çizelge B.6 : Yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,026	0,004	0,002
Zaman	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	0,584	<0,001	0,001	-	-	-	-

Çizelge B.7 : Homojenizasyon etkisi için tuzsuz olarak üretilen kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	0,156	0,013	0,001	0,004	0,002	0,001
Zaman	0,002	<0,001	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	0,026	0,934	0,926	-	-	-	-

Çizelge B.8 : Yağlı ve tuzlu %25-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001
Zaman	<0,001	0,029	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	<0,001	0,389	0,174	-	-	-	-

Çizelge B.9 : Yağlı ve tuzlu %100-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,005	<0,001
Zaman	<0,001	0,052	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	<0,001	0,636	0,862	-	-	-	-

Çizelge B.10 : Yağlı ve tuzlu %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	0,253	<0,001	<0,001	0,265	0,317
Zaman	0,034	0,112	0,194	0,925	0,905
İşlemxZaman	0,835	0,353	0,446	0,731	0,916

Çizelge B.11 : Yağlı ve tuzlu %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolamanın 60. gününde duyusal yapı özelliklerine işlemin etkisi.

Faktör	P-değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	0,853	< 0,001	< 0,001	0,051	0,501

Çizelge B.12 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100-güçte hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri						
	Serum ayrılması	pH	Titrasyon asitliği	Viskozite	Tiksotropi	Kıvam indeksi	Akış davranış indeksi
İşlem	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zaman	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-
İşlemxZaman	<0,001	0,016	0,051	-	-	-	-

Çizelge B.13 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özelliklerine işlem ve depolama süresinin etkisi.

Faktör	P- değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	0,99	< 0,001	< 0,001	0,154	0,688
Zaman	0,656	0,453	0,658	0,483	0,515
İşlemxZaman	0,68	0,197	0,148	0,785	0,724

Çizelge B.14 : Yağlı ve tuzsuz %25 ve %100 güçlerde hazırlanan uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolamanın 60. gününde duyusal yapı özelliklerine işlemin etkisi.

Faktör	P-değeri				
	Kıvam	Parçacıklı/pıhtılı Yapı	Parçacık Büyüklüğü	Beyazlık	Parlaklık
İşlem	0,282	< 0,001	< 0,001	0,18	0,101

EK C : Ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen kimyasal özellikleri

Çizelge C.1 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	60	10	4,16±0,00^{ax}	4,12±0,03^{ax}	4,08±0,03^{abx}	4,12±0,04^{a}
-	60	30	4,25±0,06^{ax}	4,21±0,05^{ax}	4,18±0,04^{bx}	4,21±0,05^{b}
-	85	30	4,20±0,00^{az}	4,09±0,01^{ay}	4,00±0,00^{ax}	4,09±0,09^{a}
25	20	10	4,24±0,08^{ax}	4,20±0,04^{ax}	4,16±0,07^{bx}	4,20±0,06^{b}
25	60	10	4,19±0,00^{ay}	4,15±0,01^{axy}	4,10±0,03^{abx}	4,15±0,04^{ab}
100	60	30	4,20±0,03^{ax}	4,18±0,04^{ax}	4,11±0,02^{abx}	4,16±0,05^{ab}
Genel Ortalama			4,21±0,04^{z}	4,16±0,05^{y}	4,11±0,07^{x}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.2 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü(%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (%laktik asit)			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	60	10	0,45±0,01^{ax}	0,47±0,01^{ax}	0,48±0,01^{abx}	0,47±0,02^{bc}
-	60	30	0,41±0,02^{ax}	0,44±0,01^{ax}	0,45±0,02^{ax}	0,43±0,02^{a}
-	85	30	0,41±0,05^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,52±0,00^{bx}	0,47±0,05^{c}
25	20	10	0,43±0,02^{ax}	0,44±0,03^{ax}	0,45±0,02^{ax}	0,44±0,02^{ab}
25	60	10	0,43±0,02^{ax}	0,46±0,00^{axy}	0,48±0,00^{aby}	0,46±0,02^{abc}
100	60	30	0,43±0,02^{ax}	0,45±0,00^{ax}	0,47±0,00^{abx}	0,45±0,02^{abc}
Genel Ortalama			0,43±0,02^{x}	0,46±0,02^{y}	0,47±0,03^{y}	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.3 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	60	10	4,13±0,02^{ax}	4,11±0,05^{ax}	4,07±0,04^{bx}	4,10±0,04^{b}
-	85	30	4,13±0,02^{ay}	4,01±0,07^{axy}	3,90±0,06^{ay}	4,01±0,11^{a}
25	20	10	4,14±0,01^{ay}	4,08±0,02^{ax}	4,10±0,00^{bxy}	4,11±0,03^{b}
25	60	10	4,12±0,01^{ax}	4,08±0,06^{ax}	4,02±0,02^{abx}	4,07±0,05^{ab}
Genel Ortalama			4,13±0,01^{y}	4,07±0,06^{x}	4,02±0,09^{x}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.4 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (%laktik asit)			
			Depolama süresi gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	60	10	0,48±0,03^{ax}	0,50±0,02^{ax}	0,52±0,00^{ax}	0,50±0,02^{a}
-	85	30	0,47±0,00^{ax}	0,52±0,00^{by}	0,61±0,00^{bz}	0,54±0,06^{b}
25	20	10	0,47±0,00^{ax}	0,49±0,00^{ax}	0,51±0,02^{ax}	0,49±0,02^{a}
25	60	10	0,47±0,01^{ax}	0,50±0,00^{axy}	0,52±0,01^{ay}	0,50±0,02^{a}
Genel Ortalama			0,47±0,01^{x}	0,50±0,02^{y}	0,54±0,04^{z}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.5 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH			
			Depolama süresi gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	85	30	4,19±0,01^{ax}	4,05±0,03^{ax}	4,05±0,07^{ax}	4,09±0,08^{a}
25	20	10	4,17±0,01^{ax}	4,13±0,05^{ax}	4,15±0,05^{ax}	4,15±0,03^{ab}
25	60	10	4,22±0,04^{ax}	4,17±0,02^{ax}	4,18±0,02^{ax}	4,19±0,03^{b}
100	60	30	4,22±0,04^{ax}	4,14±0,02^{ax}	4,16±0,03^{ax}	4,17±0,04^{b}
Genel Ortalama			4,20±0,03^{y}	4,12±0,05^{x}	4,14±0,07^{x}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.6 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (% laktik asit)			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	85	30	0,66±0,01^{ax}	0,74±0,02^{bx}	0,79±0,06^{ax}	0,73±0,06^{b}
25	20	10	0,67±0,02^{ax}	0,69±0,01^{abx}	0,70±0,02^{ax}	0,69±0,02^{ab}
25	60	10	0,62±0,03^{ax}	0,68±0,00^{axy}	0,71±0,01^{ay}	0,67±0,04^{a}
100	60	30	0,64±0,02^{ax}	0,71±0,00^{aby}	0,72±0,01^{ay}	0,69±0,04^{ab}
Genel Ortalama			0,65±0,03^{x}	0,70±0,03^{y}	0,73±0,04^{y}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.7 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	85	30	4,18±0,00^{abz}	4,01±0,01^{ay}	3,92±0,02^{ax}	4,03±0,12^{a}
25	20	10	4,16±0,01^{ay}	4,12±0,00^{bxy}	4,09±0,01^{bcx}	4,12±0,03^{c}
25	60	10	4,17±0,01^{aby}	4,04±0,00^{ax}	4,05±0,01^{bx}	4,09±0,07^{b}
100	60	30	4,22±0,03^{bx}	4,16±0,01^{cx}	4,16±0,02^{cx}	4,18±0,04^{d}
Genel Ortalama			4,18±0,03^{z}	4,08±0,06^{y}	4,05±0,10^{x}	

a-d: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.8 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (% laktik asit)			
			Depolama süresi (gün)			Genel
			1	10	30	Ortalama
-	85	30	0,70±0,01^{ax}	0,81±0,02^{ay}	0,89±0,01^{cz}	0,80±0,09^{c}
25	20	10	0,71±0,00^{ax}	0,77±0,00^{ay}	0,78±0,00^{aby}	0,75±0,03^{b}
25	60	10	0,71±0,00^{ax}	0,78±0,03^{ay}	0,80±0,00^{by}	0,76±0,04^{b}
100	60	30	0,69±0,03^{ax}	0,74±0,02^{ax}	0,74±0,02^{ax}	0,72±0,03^{a}
Genel Ortalama			0,70±0,02^{x}	0,77±0,03^{y}	0,80±0,06^{z}	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.9 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Homojenizasyon yöntemi	pH			
	Depolama süresi (gün)			Genel
	1	10	30	Ortalama
Geleneksel homojenizasyon	4,21±0,06^{ax}	4,03±0,09^{ax}	4,00±0,07^{ax}	4,08±0,11^{a}
%25-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	4,16±0,05^{ay}	3,98±0,01^{ax}	3,93±0,01^{ax}	4,02±0,11^{a}
%100-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	4,19±0,00^{az}	4,00±0,01^{ay}	3,94±0,01^{ax}	4,04±0,12^{a}
Genel Ortalama	4,19±0,04^{y}	4,01±0,05^{x}	3,95±0,05^{x}	

a-a: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.10 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Homojenizasyon yöntemi	Titrasyon asitliği (% laktik asit)			
	Depolama süresi (gün)			Genel
	1	10	30	Ortalama
Geleneksel homojenizasyon	0,44±0,01^{ax}	0,53±0,04^{axy}	0,59±0,01^{ay}	0,52±0,07^{a}
%25-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	0,46±0,00^{ax}	0,57±0,00^{ay}	0,64±0,03^{ay}	0,55±0,08^{b}
%100-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	0,44±0,01^{ax}	0,53±0,01^{ay}	0,59±0,00^{ax}	0,52±0,07^{a}
Genel Ortalama	0,45±0,01^{x}	0,54±0,03^{y}	0,61±0,03^{z}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.11: %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	4,06±0,00^{ax}	4,06±0,01^{abx}	4,07±0,01^{bcx}	4,07±0,00^{abx}	4,08±0,00^{ax}	4,07±0,01^{b}
-	70	10	4,10±0,02^{ax}	4,10±0,02^{bx}	4,10±0,02^{bcx}	4,14±0,05^{bx}	4,12±0,01^{ax}	4,11±0,03^{c}
25	20	10	4,05±0,02^{ax}	4,00±0,03^{ax}	3,98±0,04^{ax}	4,02±0,02^{ax}	4,05±0,08^{ax}	4,02±0,04^{a}
25	20	30	4,06±0,01^{ax}	4,02±0,00^{ax}	4,03±0,02^{abx}	4,07±0,04^{abx}	4,04±0,02^{ax}	4,04±0,03^{ab}
25	60	10	4,08±0,01^{ax}	4,10±0,00^{bxy}	4,11±0,00^{cyz}	4,12±0,00^{abz}	4,12±0,00^{az}	4,11±0,02^{c}
25	60	30	4,09±0,00^{ax}	4,11±0,01^{bxy}	4,11±0,00^{cxy}	4,12±0,01^{aby}	4,13±0,00^{ay}	4,11±0,02^{c}
Genel Ortalama			4,07±0,02^{x}	4,07±0,05^{x}	4,07±0,05^{x}	4,09±0,05^{x}	4,09±0,05^{x}	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.12 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (%laktik asit)					
			Depolama süresi (gün)					Genel Ortalama
			1	15	30	45	60	
-	60	10	0,46±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{a}
-	70	10	0,47±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,49±0,00^{ax}	0,48±0,00^{ax}	0,49±0,01^{ax}	0,48±0,01^{a}
25	20	10	0,48±0,01^{ax}	0,52±0,02^{ax}	0,54±0,01^{bx}	0,55±0,00^{ax}	0,59±0,07^{ax}	0,53±0,05^{b}
25	20	30	0,48±0,01^{ax}	0,51±0,00^{ax}	0,52±0,01^{bx}	0,56±0,06^{ax}	0,55±0,01^{ax}	052±0,04^{b}
25	60	10	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,00^{ax}	0,49±0,01^{ax}	0,49±0,01^{ax}	0,48±0,01^{a}
25	60	30	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,49±0,01^{ax}	0,49±0,00^{ax}	0,49±0,01^{a}
Genel Ortalama			0,48±0,01^{x}	0,49±0,02^{xy}	0,50±0,02^{xyz}	0,51±0,04^{yz}	0,51±0,05^{z}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.13 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	4,06±0,00^{ax}	4,06±0,01^{ax}	4,07±0,01^{ax}	4,07±0,00^{ax}	4,08±0,00^{ax}	4,07±0,01^{a}
-	70	10	4,10±0,02^{ax}	4,10±0,02^{ax}	4,10±0,02^{ax}	4,14±0,05^{ax}	4,12±0,01^{ax}	4,11±0,03^{b}
100	20	10	4,07±0,00^{ax}	4,09±0,01^{ax}	4,04±0,00^{ax}	4,04±0,06^{ax}	4,07±0,03^{ax}	4,06±0,03^{a}
100	20	30	4,06±0,02^{ax}	4,06±0,02^{ax}	4,08±0,03^{ax}	4,07±0,04^{ax}	4,08±0,03^{ax}	4,07±0,02^{a}
100	60	10	4,08±0,03^{ax}	4,10±0,01^{ax}	4,10±0,03^{ax}	4,10±0,04^{ax}	4,13±0,02^{ax}	4,10±0,03^{b}
100	60	30	4,08±0,00^{ax}	4,10±0,01^{axy}	4,10±0,01^{axy}	4,12±0,01^{ayz}	4,14±0,00^{az}	4,11±0,02^{b}
Genel Ortalama			4,08±0,02^{x}	4,09±0,02^{xy}	4,08±0,03^{xy}	4,09±0,05^{xy}	4,10±0,03^{y}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.14 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (%laktik asit)					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	0,46±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ab}
-	70	10	0,47±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,49±0,00^{ax}	0,48±0,00^{ax}	0,49±0,01^{ax}	0,48±0,01^{b}
100	20	10	0,46±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,50±0,02^{ax}	0,50±0,03^{ax}	0,48±0,02^{b}
100	20	30	0,46±0,01^{ax}	0,47±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,48±0,02^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,47±0,01^{ab}
100	60	10	0,46±0,00^{ax}	0,47±0,01^{axy}	0,47±0,00^{axy}	0,47±0,00^{axy}	0,48±0,00^{ay}	0,47±0,01^{a}
100	60	30	0,47±0,00^{ax}	0,48±0,00^{axy}	0,49±0,00^{axy}	0,48±0,01^{axy}	0,50±0,01^{ay}	0,48±0,01^{b}
Genel Ortalama			0,46±0,01^{x}	0,48±0,01^{y}	0,48±0,01^{y}	0,48±0,01^{y}	0,49±0,01^{y}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.15 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen pH değeri.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	pH					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	4,06±0,03^{ax}	4,10±0,01^{cxy}	4,11±0,01^{bxy}	4,10±0,02^{bcxy}	4,17±0,04^{by}	4,11±0,04^{c}
-	70	10	4,12±0,02^{ax}	4,10±0,03^{cx}	4,12±0,02^{bx}	4,12±0,01^{cx}	4,13±0,02^{bx}	4,12±0,02^{c}
25	20	10	4,06±0,03^{ax}	3,94±0,01^{ax}	3,96±0,05^{ax}	3,96±0,01^{ax}	3,99±0,02^{ax}	3,98±0,05^{a}
25	60	10	4,12±0,02^{axy}	4,10±0,00^{cx}	4,13±0,00^{bxy}	4,14±0,01^{cy}	4,13±0,00^{bxy}	4,12±0,02^{c}
100	20	10	4,09±0,04^{ax}	4,02±0,02^{bx}	4,04±0,03^{abx}	4,04±0,03^{bx}	4,08±0,03^{abx}	4,06±0,04^{b}
100	60	10	4,11±0,01^{axy}	4,07±0,01^{bcx}	4,12±0,02^{bxy}	4,12±0,01^{cxy}	4,14±0,01^{by}	4,11±0,03^{c}
Genel Ortalama			4,09±0,03^{yz}	4,05±0,06^{x}	4,08±0,07^{xy}	4,08±0,07^{yz}	4,11±0,06^{z}	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge C.16 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin depolama süresince ölçülen titrasyon asitliği.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Titrasyon asitliği (%laktik asit)					
			Depolama süresi (gün)					Genel Ortalama
			1	15	30	45	60	
-	60	10	0,47±0,00^{ax}	0,47±0,01^{ax}	0,47±0,00^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,49±0,04^{ax}	0,48±0,02^{a}
-	70	10	0,48±0,00^{ax}	0,47±0,01^{ax}	0,46±0,01^{ax}	0,48±0,00^{ax}	0,48±0,00^{ax}	0,47±0,01^{a}
25	20	10	0,49±0,02^{ax}	0,53±0,01^{axy}	0,54±0,02^{bxy}	0,56±0,01^{by}	0,58±0,02^{by}	0,54±0,04^{c}
25	60	10	0,46±0,00^{ax}	0,46±0,00^{ax}	0,46±0,00^{ax}	0,47±0,01^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,47±0,01^{a}
100	20	10	0,47±0,01^{ax}	0,50±0,02^{axy}	0,51±0,01^{abxy}	0,54±0,01^{by}	0,53±0,03^{abxy}	0,51±0,03^{b}
100	60	10	0,46±0,00^{ax}	0,50±0,04^{ax}	0,47±0,02^{ax}	0,48±0,01^{ax}	0,49±0,02^{ax}	0,48±0,02^{a}
Genel Ortalama			0,47±0,01^{x}	0,49±0,03^{xy}	0,49±0,03^{xy}	0,50±0,04^{yz}	0,51±0,04^{z}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

EK D : Ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Çizelge D.1 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)				
			Depolama süresi (gün)				Genel
			1	10	20	30	Ortalama
-	60	10	$7,0\pm0,0^{abx}$	$25,5\pm0,0^{cy}$	$26,3\pm0,4^{byz}$	$26,8\pm0,4^{cz}$	$21,4\pm8,9^{c}$
-	60	30	$10,3\pm3,9^{bx}$	$25,5\pm0,7^{cy}$	$26,3\pm0,4^{by}$	$26,8\pm1,1^{cy}$	$22,2\pm7,5^{c}$
-	85	30	$2,3\pm0,4^{ax}$	$12,0\pm0,7^{ay}$	$13,5\pm0,7^{ay}$	$13,8\pm0,4^{ay}$	$10,4\pm5,1^{a}$
25	20	10	$6,3\pm0,4^{abx}$	$22,0\pm3,5^{bcy}$	$22,8\pm3,2^{by}$	$23,0\pm3,5^{bcy}$	$18,5\pm7,9^{b}$
25	60	10	$2,3\pm0,4^{ax}$	$15,0\pm1,4^{aby}$	$16,0\pm1,4^{ay}$	$16,5\pm1,4^{aby}$	$12,4\pm6,4^{a}$
100	60	30*	$5,0\pm0,7^{abx}$	$12,3\pm1,8^{ay}$	$13,8\pm1,1^{ay}$	$14,5\pm0,7^{ay}$	$11,4\pm4,1^{a}$
Genel Ortalama			$5,5\pm3,2^{x}$	$18,7\pm6,2^{y}$	$19,8\pm5,9^{y}$	$20,2\pm5,9^{y}$	

*: Mezürün ortasında ama altına yakın kısımlarında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.2 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)				
			Depolama süresi (gün)				Genel
			1	10	20	30	Ortalama
-	60	10*	$9,3\pm1,1^{ax}$	$16,0\pm0,0^{by}$	$16,5\pm0,7^{by}$	$17,8\pm0,4^{by}$	$14,9\pm3,6^{b}$
-	85	30*	$1,3\pm1,8^{ax}$	$10,0\pm0,0^{ay}$	$10,3\pm0,4^{ay}$	$10,3\pm0,4^{ay}$	$7,9\pm4,2^{a}$
25	20	10	$6,0\pm0,0^{ax}$	$15,0\pm0,0^{by}$	$16,0\pm0,0^{bz}$	$16,8\pm0,4^{bw}$	$13,4\pm4,6^{b}$
25	60	10**	$4,5\pm6,4^{ax}$	$10,0\pm1,4^{ax}$	$8,5\pm0,7^{ax}$	$9,5\pm0,7^{ax}$	$8,1\pm3,4^{a}$
Genel Ortalama			$5,3\pm4,0^{x}$	$12,8\pm3,0^{y}$	$12,8\pm3,8^{y}$	$13,6\pm4,0^{y}$	

***:** Mezürün üst kısımlarında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
**: Mezürün alt ve üst kısımlarına yakın dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.3 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases Gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)				
			Depolama süresi gün)				Genel
			1	10	20	30	Ortalama
-	85	30*	13,0±6,2^{ax}	12,3±3,8^{ax}	13,5±4,4^{ax}	15,5±1,8^{ax}	13,6±3,9^{a}
25	20	10	25,0±0,0^{abx}	27,8±0,4^{by}	28,0±0,7^{by}	28,8±0,4^{by}	27,4±1,6^{b}
25	60	10	28,8±1,8^{bx}	31,3±1,1^{bx}	31,5±1,4^{bx}	31,8±1,1^{bx}	30,8±1,6^{b}
100	60	30	16,0±0,0^{abx}	31,8±1,1^{by}	32,3±0,4^{by}	32,5±1,4^{by}	28,1±7,5^{b}
Genel Ortalama			20,7±7,6^{x}	25,8±9,3^{y}	26,3±9,0^{y}	27,1±8,0^{y}	

***:** Mezürün alt, üst ve ortasında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.4 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağsız ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)				
			Depolama süresi (gün)				Genel
			1	10	20	30	Ortalama
-	85	30**	12,0±2,8^{ax}	12,0±2,8^{ax}	12,5±3,5^{ax}	14,5±0,7^{ax}	12,8±2,3^{a}
25	20	10	20,3±0,4^{ax}	22,5±0,0^{by}	23,3±0,4^{byz}	24,3±0,4^{bz}	22,6±1,6^{b}
25	60	10*	16,0±1,4^{ax}	21,0±0,0^{by}	22,5±0,7^{by}	23,3±1,1^{by}	20,7±3,1^{b}
100	60	30**	17,5±3,5^{ax}	20,0±0,0^{bx}	22,0±1,4^{bx}	23,0±1,4^{bx}	20,6±2,7^{b}
Genel Ortalama			16,4±3,7^{x}	18,9±4,5^{xy}	20,1±4,9^{y}	21,3±4,3^{y}	

***:** Mezürün üst kısımlarında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
**: Mezürün ortasında ve altına yakın kısımlarında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.5 : Ultrases ve geleneksel homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince ölçülen serum ayrılması.

Homojenizasyon Yöntemi	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)				
	Depolama süresi (gün)				Genel
	1	10	20	30	Ortalama
Geleneksel homojenizasyon	0,0±0,0^{ax}	1,8±2,5^{abx}	2,5±2,1^{abx}	2,8±2,5^{ax}	1,8±1,9^{a}
%25-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon*	0,0±0,0^{ax}	6,5,±0,7^{by}	6,8±0,4^{by}	6,8±0,4^{ay}	5,0±3,1^{b}
%100-50°C-10dk ultrases işlemi ile homojenizasyon	0,0±0,0^{ax}	0,0±0,0^{ax}	0,0±0,0^{ax}	0,5±0,7^{ax}	0,1±0,4^{a}
Genel Ortalama	0,0±0,0^{x}	2,8±3,2^{y}	3,1±3,2^{y}	3,3±3,1^{y}	

*: Mezürün üst kısımlarında dağınık yapıda serum ayrılması meydana gelmiştir.
a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.6 : %25-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)					
			Depolama süresi (gün)					Genel Ortalama
			1	15	30	45	60	
-	60	10	$3,3\pm1,1^{abcx}$	$7,8\pm2,1^{ax}$	$8,5\pm2,1^{ax}$	$8,8\pm1,8^{ax}$	$9,5\pm1,4^{ax}$	$7,6\pm2,7^{a}$
-	70	10	$5,9\pm0,5^{bcx}$	$7,5\pm0,7^{axy}$	$8,3\pm1,1^{axy}$	$9,0\pm0,7^{ay}$	$9,5\pm0,7^{ay}$	$8,0\pm1,5^{a}$
25	20	10	$2,5\pm1,4^{ax}$	$17,5\pm0,7^{by}$	$19,0\pm0,0^{byz}$	$20,0\pm0,0^{byz}$	$20,8\pm0,4^{bz}$	$16,0\pm7,2^{c}$
25	20	30	$2,8\pm0,4^{abx}$	$16,6\pm0,5^{by}$	$18,0\pm0,0^{byz}$	$18,8\pm0,4^{bz}$	$19,5\pm0,7^{bz}$	$15,1\pm6,6^{c}$
25	60	10	$6,0\pm0,0^{bcx}$	$8,4\pm0,2^{ay}$	$9,0\pm0,0^{az}$	$10,0\pm0,0^{aw}$	$10,4\pm0,2^{aw}$	$8,8\pm1,6^{ab}$
25	60	30	$6,5\pm0,7^{cx}$	$9,5\pm0,7^{axy}$	$10,0\pm0,7^{ay}$	$10,5\pm0,7^{ay}$	$10,8\pm1,1^{ay}$	$9,5\pm1,7^{b}$
Genel Ortalama			$4,5\pm1,8^{x}$	$11,2\pm4,5^{y}$	$12,1\pm4,8^{yz}$	$12,8\pm4,9^{zw}$	$13,4\pm5,0^{w}$	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P<0,05$).
x-w: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

Çizelge D.7 : %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	$3,3\pm1,1^{ax}$	$7,8\pm2,1^{ax}$	$8,5\pm2,1^{ax}$	$8,8\pm1,8^{ax}$	$9,5\pm1,4^{ax}$	$7,6\pm2,7^{a}$
-	70	10	$5,9\pm0,5^{bx}$	$7,5\pm0,7^{axy}$	$8,3\pm1,1^{axy}$	$9,0\pm0,7^{ay}$	$9,5\pm0,7^{ay}$	$8,0\pm1,5^{a}$
100	20	10	$3,0\pm0,0^{ax}$	$17,0\pm0,7^{by}$	$17,5\pm0,0^{by}$	$17,8\pm0,4^{by}$	$18,5\pm0,7^{by}$	$14,8\pm6,2^{c}$
100	20	30	$3,0\pm0,0^{ax}$	$16,0\pm0,7^{by}$	$16,5\pm0,0^{by}$	$17,0\pm0,0^{byz}$	$18,0\pm0,0^{bz}$	$14,1\pm5,9^{c}$
100	60	10	$6,5\pm0,7^{bx}$	$10,6\pm0,5^{ay}$	$11,1\pm0,2^{ay}$	$11,3\pm0,4^{ay}$	$11,8\pm0,4^{ay}$	$10,3\pm2,0^{b}$
100	60	30	$6,5\pm0,0^{bx}$	$10,0\pm0,0^{ay}$	$10,5\pm0,0^{az}$	$11,0\pm0,0^{aw}$	$11,5\pm0,0^{aq}$	$9,9\pm1,9^{b}$
Genel Ortalama			$4,7\pm1,7^{x}$	$11,5\pm4,0^{y}$	$12,1\pm3,9^{y}$	$12,5\pm3,8^{yz}$	$13,1\pm3,9^{z}$	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-q: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge D.8 : %25 ve %100-güçte ultrases işlemi ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinde depolama süresince meydana gelen serum ayrılması.

Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Serum ayrılması (mL serum/50 mL)					
			Depolama süresi (gün)					Genel
			1	15	30	45	60	Ortalama
-	60	10	$2,3\pm0,4^{ax}$	$9,5\pm0,0^{aby}$	$10,0\pm0,0^{ay}$	$10,0\pm0,0^{ay}$	$10,3\pm0,4^{ay}$	$8,4\pm3,3^{b}$
-	70	10	$5,6\pm0,5^{bx}$	$6,9\pm0,9^{axy}$	$7,5\pm0,7^{axy}$	$8,1\pm0,2^{ay}$	$8,8\pm0,4^{ay}$	$7,4\pm1,2^{a}$
25	20	10	$3,6\pm0,5^{ax}$	$18,6\pm1,9^{cy}$	$19,3\pm1,8^{by}$	$20,0\pm1,4^{by}$	$20,3\pm1,1^{by}$	$16,4\pm6,8^{e}$
25	60	10	$5,8\pm0,4^{bx}$	$9,3\pm0,4^{aby}$	$9,5\pm0,7^{ay}$	$10,0\pm0,0^{ay}$	$10,3\pm0,4^{ay}$	$9,0\pm1,8^{bc}$
100	20	10	$2,8\pm0,4^{ax}$	$16,3\pm0,4^{cy}$	$17,1\pm0,2^{byz}$	$17,8\pm0,4^{byz}$	$18,5\pm0,7^{bz}$	$14,5\pm6,2^{d}$
100	60	10	$6,5\pm0,7^{bx}$	$10,0\pm0,0^{by}$	$10,1\pm0,2^{ay}$	$10,5\pm0,0^{ay}$	$11,0\pm0,0^{ay}$	$9,6\pm1,7^{c}$
Genel Ortalama			$4,4\pm1,7^{x}$	$11,8\pm4,4^{y}$	$12,3\pm4,6^{yz}$	$12,7\pm4,7^{zw}$	$13,2\pm4,7^{w}$	

a-e: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P<0,05$).
x-w: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

EK E : Ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen kısa ve uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.

Çizelge E.1 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzlu kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.

	Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Depolama süresi (gün) 1	10	20	Genel Ortalama
Kıvam	-	85	30	2,88±1,15	3,14±1,36	3,06±1,39	3,02±0,13^{b}
	25	20	10	2,08±1,44	2,32±1,32	1,94±1,11	2,12±0,19^{a}
	25	60	10	2,96±1,20	2,86±1,25	2,94±1,35	2,92±0,05^{b}
	100	60	10	3,58±1,06	3,50±1,57	3,28±1,49	3,45±0,16^{b}
	Genel Ortalama			2,88±0,62^{x}	2,95±0,50^{x}	2,81±0,59^{x}	
Parçacıklı/ Pıhtılı Yapı	-	85	30	1,00±1,59	1,05±1,17	0,83±0,92	0,96±0,11^{b}
	25	20	10	0,42±0,93	0,73±1,28	0,33±0,59	0,49±0,21^{ab}
	25	60	10	0,63±1,10	0,32±0,65	0,33±0,59	0,43±0,17^{a}
	100	60	10	1,04±1,40	1,05±1,62	0,50±0,71	0,86±0,31^{ab}
	Genel Ortalama			0,77±0,30^{x}	0,78±0,34^{x}	0,50±0,24^{x}	
Parçacık Büyüklüğü	-	85	30	0,63±0,92	0,86±0,99	0,61±0,92	0,70±0,14^{a}
	25	20	10	0,33±0,70	0,55±1,14	0,39±0,70	0,42±0,11^{a}
	25	60	10	0,46±0,83	0,23±0,43	0,28±0,57	0,32±0,12^{a}
	100	60	10	0,88±1,12	0,86±1,25	0,44±0,62	0,73±0,25^{a}
	Genel Ortalama			0,57±0,23^{x}	0,63±0,30^{x}	0,43±0,14^{x}	
Beyazlık	-	85	30	4,00±1,56	4,09±1,27	4,72±1,23	4,27±0,39^{a}
	25	20	10	3,83±1,83	4,27±1,16	5,06±0,80	4,39±0,62^{a}
	25	60	10	4,25±1,59	4,50±1,06	5,00±0,69	4,58±0,38^{a}
	100	60	10	4,13±1,62	4,50±1,14	4,72±0,96	4,45±0,30^{a}
	Genel Ortalama			4,05±0,18^{x}	4,34±0,20^{x}	4,88±0,18^{y}	
Parlaklık	-	85	30	3,33±1,58	3,73±1,42	4,11±1,28	3,72±0,39^{a}
	25	20	10	3,21±1,74	4,00±1,38	4,67±1,14	3,96±0,73^{a}
	25	60	10	3,29±1,63	3,82±1,53	4,50±1,04	3,87±0,61^{a}
	100	60	10	3,38±1,76	3,73±1,64	4,28±1,13	3,79±0,46^{a}
	Genel Ortalama			3,30±0,07^{x}	3,82±0,13^{y}	4,39±0,24^{z}	

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-z: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge E.2 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen yağlı ve tuzsuz kısa ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.

	Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Depolama süresi (gün)			Genel Ortalama
				1	10	20	
Kıvam	-	85	30	2,75±1,39	3,16±0,79	2,94±1,55	2,95±0,21^{b}
	25	20	10	1,92±1,25	2,39±1,02	2,38±1,42	2,23±0,27^{a}
	25	60	10	2,83±1,46	3,11±1,08	3,33±1,68	3,09±0,35^{b}
	100	60	10	3,25±1,45	3,61±1,24	3,17±1,50	3,34±0,24^{b}
	Genel Ortalama			2,69±0,56^{x}	3,07±0,51^{x}	2,96±0,41^{x}	
Parçacıklı/ Pıhtılı Yapı	-	85	30	1,25±1,36	0,67±0,69	0,78±0,94	0,90±0,31^{bc}
	25	20	10	0,54±0,66	0,17±0,5	0,44±0,92	0,38±0,20^{a}
	25	60	10	0,83±0,96	0,17±0,38	0,61±0,92	0,54±0,34^{ab}
	100	60	10	1,46±1,67	0,61±1,04	1,22±1,17	1,10±0,44^{c}
	Genel Ortalama			1,02±0,41^{y}	0,40±0,27^{x}	0,76±0,33^{xy}	
Parçacık Büyüklüğü	-	85	30	1,29±1,46	0,72±1,07	0,56±0,62	0,86±0,39^{ab}
	25	20	10	0,79±0,78	0,22±0,63	0,28±0,57	0,43±0,31^{a}
	25	60	10	0,75±0,68	0,17±0,51	0,44±0,70	0,45±0,29^{a}
	100	60	10	1,46±1,41	0,50±0,86	0,78±0,94	0,91±0,49^{b}
	Genel Ortalama			1,07±0,36^{y}	0,40±0,26^{x}	0,51±0,21^{x}	
Beyazlık	-	85	30	3,75±1,36	4,61±1,24	4,17±1,69	4,18±0,43^{a}
	25	20	10	3,79±1,64	4,78±0,87	4,28±1,52	4,28±0,49^{a}
	25	60	10	3,96±1,30	4,67±0,84	4,61±1,38	4,41±0,39^{a}
	100	60	10	3,79±1,47	4,94±1,21	4,50±1,34	4,41±0,58^{a}
	Genel Ortalama			3,82±0,09^{x}	4,75±0,15^{y}	4,39±0,20^{y}	
Parlaklık	-	85	30	3,29±1,52	3,94±1,51	3,78±1,63	3,67±0,34^{a}
	25	20	10	3,13±1,51	4,39±1,3	3,89±1,41	3,80±0,64^{a}
	25	60	10	3,25±1,48	4,28±1,41	4,06±1,39	3,86±0,54^{a}
	100	60	10	3,17±1,74	3,78±1,35	3,78±1,26	3,57±0,35^{a}
	Genel Ortalama			3,21±0,08^{x}	4,10±0,28^{y}	3,88±0,13^{y}	

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge E.3 : %25 ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzlu uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.

	Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Depolama süresi (gün) 1	30	60	Genel Ortalama
Kıvam	-	70	10	3,62±1,50	4,00±0,85	3,38±1,36^{a}	3,81±0,27^{a}
	25	60	10	2,97±1,48	3,67±1,56	3,13±0,83^{a}	3,31±0,50^{a}
	100	60	10	2,85±1,59	3,67±1,56	3,25±1,29^{a}	3,26±0,58^{a}
	Genel Ortalama			3,14±0,41^{x}	3,78±0,19^{y}		
Parçacıklı/ Pıhtılı Yapı	-	70	10	4,54±1,56	4,83±0,72	4,63±1,31^{b}	4,69±0,21^{b}
	25	60	10	1,81±1,27	2,75±1,36	1,58±1,06^{a}	2,28±0,67^{a}
	100	60	10	2,39±1,33	2,42±1,08	1,44±1,21^{a}	2,40±0,02^{a}
	Genel Ortalama			2,91±1,44^{x}	3,33±1,31^{x}		
Parçacık Büyüklüğü	-	70	10	4,27±1,76	3,42±1,24	4,00±1,26^{b}	3,84±0,60^{b}
	25	60	10	1,92±1,47	2,00±1,41	1,13±0,64^{a}	1,96±0,05^{a}
	100	60	10	2,31±1,46	1,92±1,44	1,06±0,85^{a}	2,11±0,28^{a}
	Genel Ortalama			2,83±1,26^{x}	2,44±0,84^{x}		
Beyazlık	-	70	10	4,19±1,60	3,92±1,08	3,75±1,24^{a}	4,05±0,19^{a}
	25	60	10	4,54±1,39	4,67±0,89	4,73±0,96^{b}	4,60±0,09^{a}
	100	60	10	4,19±1,55	4,42±0,79	4,38±1,02^{ab}	4,30±0,16^{a}
	Genel Ortalama			4,31±0,20^{x}	4,33±0,38^{x}		
Parlaklık	-	70	10	3,39±1,60	3,25±1,54	3,56±1,55^{a}	3,32±0,10^{a}
	25	60	10	3,85±1,43	3,92±1,62	4,06±1,33^{a}	3,88±0,05^{a}
	100	60	10	3,58±1,39	3,75±1,54	4,13±1,45^{a}	3,66±0,12^{a}
	Genel Ortalama			3,60±0,23^{x}	3,64±0,35^{x}		

a-b: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

Çizelge E.4 : %25- ve %100-güçte ultrases ve ısıl işlem uygulanması ile üretilen tuzsuz uzun ömürlü fermente süt içeceklerinin duyusal yapı özellikleri.

	Ultrases gücü (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Depolama süresi (gün) 1	30	60	Genel Ortalama
Kıvam	-	70	10	3,15±1,46	3,31±1,20	3,69±1,58^{a}	3,23±0,11^{a}
	25	60	10	3,30±1,49	3,19±1,05	3,06±1,24^{a}	3,24±0,08^{a}
	100	60	10	3,40±1,39	3,00±1,37	2,94±1,39^{a}	3,20±0,28^{a}
	Genel Ortalama			3,28±0,13^{x}	3,17±0,16^{x}		
Parçacıklı/ Pıhtılı Yapı	-	70	10	4,70±1,72	4,25±1,24	4,38±1,41^{b}	4,48±0,32^{c}
	25	60	10	1,95±1,43	2,69±1,62	2,19±1,22^{a}	2,32±0,52^{b}
	100	60	10	1,30±1,03	1,63±1,20	1,44±1,21^{a}	1,46±0,23^{a}
	Genel Ortalama			2,65±1,80^{x}	2,85±1,32^{x}		
Parçacık Büyüklüğü	-	70	10	4,00±1,52	3,31±1,25	3,81±1,72^{b}	3,66±0,49^{b}
	25	60	10	1,45±0,83	1,75±1,24	2,13±1,36^{a}	1,60±0,21^{a}
	100	60	10	1,15±0,67	1,25±1,00	1,44±1,21^{a}	1,20±0,07^{a}
	Genel Ortalama			2,20±1,57^{x}	2,10±1,08^{x}		
Beyazlık	-	70	10	4,30±1,38	4,38±1,59	3,50±1,55^{a}	4,34±0,05^{a}
	25	60	10	4,55±0,89	4,94±0,93	4,13±0,96^{a}	4,74±0,27^{a}
	100	60	10	4,85±1,04	4,88±1,20	4,31±1,25^{a}	4,86±0,02^{a}
	Genel Ortalama			4,57±0,28^{x}	4,73±0,31^{x}		
Parlaklık	-	70	10	3,75±1,41	3,56±1,36	2,94±1,24^{a}	3,66±0,13^{a}
	25	60	10	3,75±1,45	3,94±1,34	3,69±0,87^{a}	3,84±0,13^{a}
	100	60	10	4,20±1,36	3,88±1,41	3,69±1,20^{a}	4,04±0,23^{a}
	Genel Ortalama			3,90±0,26^{x}	3,79±0,20^{x}		

a-c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).
x-y: Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0,05).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Çiğdem Kurt

Doğum Yeri ve Tarihi: 20.05.1988 – Fatsa/ORDU

E-Posta: cigdeemkurt@gmail.com

Lisans: Ankara Üniversitesi – Gıda Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim: Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü, Haziran-Temmuz 2008 (Stajyer)

Bursa Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü, Temmuz-Ağustos 2009 (Stajyer)

Gıda maddelerinin taze hallerindeyken raf ömürlerinin uzatmaya yönelik yeni yaklaşımlar, Eylül-Haziran 2009-2010 (Lisans mezuniyet bitirme ödevi)

Ultrases işleminin fermente süt ürünlerinde kullanım potansiyelinin belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran 2011-Mayıs 2012 (Tübitak destekli proje bursiyeri)

TEZDEN TÜRETİLEN SUNUMLAR

- Uzunoğlu, T. P**., Kurt, Ç.,** Kılıç-Akyılmaz, M., Güneş, G., 2011: Influence of high power ultrasound on quality of a fermented milk beverage. *4th International Congress on Food and Nutrition together with - 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety,* 12-14 Ekim, 2011, İstanbul, Türkiye (Sözlü sunum).

- Kılıç-Akyılmaz, M., **Kurt, Ç**., 2012: Application of high power ultrasound for homogenization of milk in the manufacture of fermented milk beverage. *Advanced Nonthermal Processing in Food Technology Effects on Quality and Shelf Life of Food and Beverages,* 7-10 Mayıs 2012, Kuşadası, İzmir Türkiye (Bildiri).

- **Kurt, Ç.,** Uzunoğlu, T. P**.,** Kılıç-Akyılmaz, M., Güneş, G., 2012: Physical properties of fermented mıik beverage produced from high power ultrasound-treated milk. *6th Central European Congress on Food,* 23-26 Mayıs, Novi Sad, Sırbistan (Poster).