

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HOMOJENİZASYON VE ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ FARKLI
ORANLARDA YAĞ İÇEREN SÜTLERDEN ÜRETİLEN AYRANIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

Selda YALÇIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HOMOJENİZASYON VE ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ FARKLI
ORANLARDA YAĞ İÇEREN SÜTLERDEN ÜRETİLEN AYRANIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ

Selda YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04/02/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR
Yrd. Doç. Dr. Durmuş SERT

ÖZET

HOMOJENİZASYON VE ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ FARKLI ORANLARDA YAĞ İÇEREN SÜTLERDEN ÜRETİLEN AYRANIN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Selda YALÇIN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
Şubat 2016, 67sayfa

Bu çalışmada farklı homojenizasyon ve ısıtma işlemlerinin farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilen ayranların fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine olan etkileri depolama süresi boyunca tespit edilmiştir. Ayran üretiminde farklı oranlarda yağ içeren (%0.1, %1.0 ve %2.0) ve toplam kurumaddesi %8'e standardize edilmiş sütler kullanılmıştır. Sütler farklı basınçlarda (tek kademeli homojenizasyon; 150 ve 300 bar, çift kademeli homojenizasyon; 150/50 ve 300/50 bar) homojenize edilmiştir. Homojenize edilmeyen sütlerden üretilen ayran örnekleri çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Homojenize edilen ve edilmeyen sütler, 95°C'de 80 saniye ve 95°C'de 256 saniye ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Isıtma işlemi sonrasında 42°C'ye soğutulan sütlere %2 oranında ayran kültürü inoküle edilip 42°C'de pH 4.6'ya kadar inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 20°C'ye soğutulan örnekler %0.5 oranında tuz eklenmiştir. Üretilen ayran örnekleri 4-5°C'de 30 gün süreyle depolanmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde ayran örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri incelenmiştir.

Isıtma işlemi, homojenizasyon, yağ oranı ve depolama zamanının ayran örneklerinin titrasyon asitliği, pH, serum ayrılması ve görünür viskozite değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Ayran örneklerinde yapılan reoloji analizi sonucunda örneklerin üslü yasa modeline uyan akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Ayran örneklerinde yağ oranı ve depolama süresi arttıkça örneklerin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin azaldığı, ayran üretiminde kullanılan sütlere uygulanan homojenizasyon basıncı ile kademesi ve ısıtma işlemi süresi arttıkça örneklerin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Ayran örneklerinde yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre ısıtma işlemi, yağ oranı, homojenizasyon ve depolama zamanının örneklerin yapı puanları üzerine etkisinin olmadığı ($P > 0.05$) görülmüştür. Ayran örneklerinin tat puanları üzerine ısıtma işlemi ve depolama zamanının $P < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu, yağ oranının ve homojenizasyonun etkisinin ($P > 0.05$) olmadığı saptanmıştır. Ayran örneklerinin görünüş puanları üzerine yağ oranı ve depolama zamanının $P < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu, ısıtma işlemi ve homojenizasyonun ise görünüş puanları üzerine etkisinin ($P > 0.05$) olmadığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ayran, ısıtma işlemi, homojenizasyon, yağ oranı

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
Yrd. Doç. Dr. Durmuş SERT
Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR



ABSTRACT

DETERMINATION OF EFFECT OF HOMOGENIZATION AND HEAT TREATMENT APPLICATIONS ON PHYSICOCHEMICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF AYRAN PRODUCED FROM MILK WITH DIFFERENT FAT CONTENT

Selda YALÇIN

M.Sc. Thesis in Food Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
January 2016, 67 pages

In this research, during storage period, the effects of different homogenization and heat treatment applications on physicochemical and sensorial properties of ayran produced from milk with different fat content were determined. Milk with different fat contents (0.1, 1.0 and 2.0%) standardized to 8% total solids was used in the ayran production. The milk was homogenized at different pressure(single stage homogenization; 150 and 300 bar, two stage homogenization; 150/50 and 300/50 bar). Ayran produced from unhomogenized milk was the control group of the study. The homogenized and unhomogenized milks were heated at 95°C for 256 s and at 95°C for 80 s. After heating, the milks were cooled to 42°C, inoculated 2% ayran stater culture and incubated at 42°C until pH reached to 4.6. After incubation, the samples were cooled to 20°C, and 0.5% salt was added to samples. The ayran samples were stored at 4°C for 30 days, and physicochemical and sensorial properties of the ayrans were determined onday 1, 15 and 30 of the storage.

The effects of heat treatment, homogenization, fat rate and storage period on the titratable acidity, pH, syneresis and apparent viscosity values of the ayran samples were found be statistically significant ($P < 0.001$).

Based on the results of rheological analysis, the power law model was more accurate for ayran samples. The flow behaviour index and thixotropy values of ayran samples increased as the severity of heat treatment and homogenization pressure increased. The flow behaviour index and thixotropy values of ayran samples decreased as fat rate and storage period increased.

According to results of sensorial analyses, the effects of heat treatment, homogenization, fat rate and storage period on the structure scores of the samples were found to be insignificant ($P > 0.05$). The effects of heat treatment and storage period on the taste scores of the ayran samples were found statistically significant ($P < 0.001$), while the effects of homogenization and fat rate on the taste scores of the samples were found statistically insignificant ($P > 0.05$). The effect of fat rate and storage period on the appearance scores of the ayran samples were found statistically significant ($P < 0.001$), while the effects of heat treatment and homogenization on the appearance scores of ayran samples were found statistically insignificant ($P > 0.05$).

KEYWORDS: Ayran, heat treatment, homogenization, fat ratio

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN(Supervisor)
Yrd. Doç. Dr. Durmuş SERT
Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR



ÖNSÖZ

Toplumumuzun beslenmesinde ayran tüketiminin önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Bu çalışma ile ayranın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu bu amaç doğrultusunda; farklı oranda yağ içeren, farklı homojenizasyon basınçlarına ve farklı ısış işlem normlarına tabi tutulan sütlerden farklı nitelikte ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ayran örneklerinin duyuşal ve fizikokimyasal özelliklerinin analizi yapılmış, ayran örneklerinde tespit edilen farklılıklar karşılaştırmalı olarak ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde bana her türlü yardım ve destekte bulunan ve bu konuda çalışma olanağı sağlayan Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN'e, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün tüm öğretim üyelerine, öğretim görevlilerine, araştırma görevlilerine ve lisansüstü öğrencilerine teşekkürlerimi sunarım.

Projeye verdikleri desteklerden ötürü Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, şu an bulunduğum noktada olmamda en büyük payın sahipleri aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	2
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Fizikokimyasal analizler.....	12
3.1.1. Sütte yapılan analizler.....	12
3.1.2. Ayran örneklerinde yapılan analizler.....	13
3.2. Duyusal analiz.....	13
3.3. İstatistiksel analiz.....	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Süt analizi sonuçları.....	15
4.2. Ayran örneklerine ait analiz sonuçları.....	18
4.2.1. Ayran örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları.....	18
4.2.2. Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri.....	20
4.2.3. Ayran örneklerine ait pH değerleri.....	25
4.2.4. Ayran örneklerine ait serum ayrılması değerleri.....	30
4.2.5. Ayran örneklerine ait görünür viskozite değerleri.....	34
4.2.6. Ayran örneklerine ait reolojik analiz sonuçları.....	40
4.2.7. Duyusal Analiz sonuçları.....	50
5. SONUÇ.....	61
6. KAYNAKÇA.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
m ³	Metreküp
MPa	Megapascal
µm	Mikrometre
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mPa	Milipascal
nm	Nanometre
Pa	Pascal
R ²	Regresyon katsayısı
s	Saniye

Kısaltmalar

D	Depolama zamanı
D[4,3]	Hacim ağırlıklı ortalama yarı çapları
H	Homojenizasyon basıncı
D ₁₀	Partiküllerin %10'unun belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
D ₅₀	Partiküllerin %50'sinin belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
D ₉₀	Partiküllerin %90'ının belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d _i	Partikül çapı
n _i	d _i çapındaki partikül sayısı
Φ	Süt yağının hacim oranı
N	Isıl işlem normu
IDF	Uluslararası Sütçülük Federasyonu
Y	Yağ oranı
D[3,2]	Yüzey alanı ağırlıklı ortalama yarı çapları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Taramalı elektron mikroskopu ile çekilmiş farklı pH değerlerindeki süt örneklerinin görüntüsü (Lefebvre 2001)	4
Şekil 2.2. Taramalı elektron mikroskopu ile çekilmiş süt yağı globülünün ve globül membranının on kez büyütülmüş görüntüsü, ölçek 1µm (Luo 2014).....	4
Şekil 2.3. Taramalı elektron mikroskopu ile çekilmiş yoğurt jelinde yağ globülü ile kazein etkileşiminin görüntüsü, Y: Yağ globülü, K: Kazein miselleri, Ölçek 1µm (Sandoval-Castilla 2004).....	5
Şekil 2.4. Isıl denatürasyona uğramış serum proteinleri ile kazein miselinin interaksyonu. CN:Kazein, β-LG:β- laktoglobulin, α-LA:α-laktoalbumin (Considine vd 2007).....	7
Şekil 3.1. Homojenizasyon ünitesi.....	10
Şekil 3.2. Ayran üretimi akış şeması.....	11
Şekil 3.3. Isıl işlem ünitesinin şematik görünümü	11
Şekil 4.1. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri.....	22
Şekil 4.2. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri.....	27
Şekil 4.3. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri (%).....	31
Şekil 4.4. Homojenize edilmeyen ve homojenize edilen süttten üretilen ayran örneğinin şekilsel gösterimi	33
Şekil 4.5. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)	36
Şekil 4.6. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama akış davranış indeksi değerleri.....	44
Şekil 4.7. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s ⁻¹)	46
Şekil 4.8. Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları.....	52

- Şekil 4.9. Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıtma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tat puanları..... 54
- Şekil 4.10. Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C’de 80 saniye (X)ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısıtma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları..... 56



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün ortalama yağsız kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları ile pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri.....	15
Çizelge 4.2. Ayran üretiminde kullanılmak üzere standardize edilen sütlere ait ortalama yağsız kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları.....	15
Çizelge 4.3. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin partikül boyutu.....	16
Çizelge 4.4. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[4,3] (µm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	16
Çizelge 4.5. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[3,2] (µm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	17
Çizelge 4.6. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin spesifik yüzey alanı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	17
Çizelge 4.7. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[4,3] (µm), D[3,2] (µm) ve spesifik yüzey alanı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	18
Çizelge 4.8. Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları.....	20
Çizelge 4.9. Ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri (%).....	21
Çizelge 4.10. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.11. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	24
Çizelge 4.12. Ayran örneklerine ait pH değerleri.....	26
Çizelge 4.13. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları.....	28
Çizelge 4.14. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	29
Çizelge 4.15. Ayran örneklerinin ortalama serum ayrılması değerleri (%).....	30
Çizelge 4.16. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları.....	32

Çizelge 4.17. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (%) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	33
Çizelge 4.18. Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s).....	35
Çizelge 4.19. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerlerine (mPa.s) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları..	37
Çizelge 4.20. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerlerine (mPa.s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	38
Çizelge 4.21. 95°C’de 80 saniye ısıtılma tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri.....	42
Çizelge 4.22. 95°C’de 256 saniye ısıtılma tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri.....	43
Çizelge 4.23. Ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s ⁻¹)	45
Çizelge 4.24. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s ⁻¹)değerlerine ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.25. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s ⁻¹) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	48
Çizelge 4.26. Ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları (Tam puan=5)	51
Çizelge 4.27. Ayran örneklerine ait ortalama tat puanları (Tam puan=10)	53
Çizelge 4.28. Ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları (Tam puan=5)	55
Çizelge 4.29. Depolama süresince belirlenen ayran örneklerine ait ortalama yapı, tat ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları	58
Çizelge 4.30. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen yapı, tat ve görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	60

1. GİRİŞ

Dünyada bölgesel olarak üretilip tüketilen birçok fermente süt ürünü olmasınarağmen, bunlardan sadece atalarımızdan bize miras kalan yoğurt gerçek anlamda uluslararası yayılım göstermede başarılıolabilmiştir. Kültürümüze yerleşmiş olan yoğurdun en önemli tüketim şekillerinden biri ayran olarak tüketilmesidir. Ayran, yoğurda su katılarak veya kurumaddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren starter kültür katılarak hazırlanan bir sütünüdür (Anonim 2009).

Geleneksel biriçeğimiz olan ayranın yıllık tüketim miktarının daha da arttırılabilmesi için öncelikle üründerstandart bir kalite düzeyinin yakalanması ve piyasada tüketici açısından kabul edilebilirliğininarttırılması gerekmektedir. Ayran kalitesini etkileyen faktörlerden biri olan homojenizasyon; süt içerisindeemülsiyon halde bulunan ve sürekli olmayan fazı oluşturan yağ globüllerini daha küçükparçalara bölen mekaniksel bir işlemdir (Metin 2009). Homojenizasyon basıncı ile viskozite arasında doğrusal bir ilişki olduğu birçok araştırmacı (Atamer vd 1992, Cho 1999, Tunçtürk2000, Tamuçay Özünlü 2005, Kiani vd. 2008, Ciron 2010, Bensmira vd 2010) tarafından ortaya konmuştur.

Ayran üretiminde kullanılan süte uygulanan bir diğer proses aşaması ısı işlemidir. Isıl işlem ile sütün bileşenlerinde bir takım değişimler meydana gelebilmekte ve daha sonrasında işleneceği ürünün yapısını etkileyebilmektedir. Sütün önemli bileşenlerinden kazein ısıya karşı oldukça stabil bir protein olmasına rağmen, serum proteinleri ısıya karşı oldukça duyarlıdır. Serum proteinleri yüksek ısı karşısında üç boyutlu yapılarını muhafaza edemeyerek denatüre olmaktadır. Denatüre olan serum proteinleri, kazein ve süt yağı globülü membranı ile etkileşime girerek yoğurt ve ayranda yapının korunumuna katkı sağlamaktadır (Özer 2006).

Konu ile ilgili olarak yapılan literatür taraması sonucunda homojenizasyon basıncının, ısı işlem normlarının ve sütteki yağ oranının yoğurdun bazı nitelikleri üzerine etkisinin araştırıldığı birçok çalışmayla karşılaşılmına rağmen, farklı homojenizasyon ve ısı işlemuygulamaları kombinasyonlarına tabi tutulan farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilenayranın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini inceleyen detaylı bir araştırmaya rastlanılamamıştır. Yapılan bu çalışmada homojenizasyon ve ısı işlemuygulamalarının farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilen ayranın fizikokimyasal veduyuşal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma ile süt ürünleri arasında önemlibir paya sahip ve ülkemize özgü bir içecek olan ayranın kalitesinin arttırılması için üretimkoşulları ile ilgili en uygun parametreler belirlenmiş, sütünüstrisinde ve daha sonraki yapılacak araştırmalarda kullanılabilecek temel veriler elde edilmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Hayvansal kaynaklı gıdalar arasında süt ve süt ürünleri özel bir öneme sahiptir. Sütün vücutta en iyi değerlendirilme şekli içme sütü olarak tüketilmesi olmasına rağmen, içme sütü tüketim alışkanlığımızın olmayışı, sütün hacimli ve çabuk bozulabilen bir gıda olması, üretilen sütün büyük bir kısmının fermente süt ürünleri olarak işlenmesini zorunlu hale getirmektedir (Dervişoğlu 1995, Kırdar vd 2002). Fermente süt ürünleri, sütün başta laktik asit bakterileri olmak üzere belirli mikroorganizmalar tarafından fermente edilmesi sonucu elde edilen farklı yapı, görünüş, tat ve aromaya sahip ürünlerdir (Sezer 2003). Fermente süt ürünleri; protein, yağ ve mineral maddelerce zengin gıdalardır. İnsan beslenmesindeki önemi ve sağlığa yararından dolayı fermente süt ürünlerinin dünyadaki tüketimi giderek artmaktadır. Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF) verilerine göre fermente süt ürünlerinin üretimi 2012 yılında bir önceki yıla göre dünyanın çoğu bölgesinde artmıştır. Ülkemizdeki fermente süt ürünlerinin üretim miktarı 2012 yılında 1561 bin ton olup 2011 yılına göre %6.5 oranında artış göstermiştir (Anonim 2014).

Ülkemizde en çok bilinen ve tüketilen fermente süt ürünlerinin başında yoğurt ve ayrangelmektedir. Yoğurt en eski süt ürünlerinden biridir. Binlerce yıldan beri Türkler tarafından üretilen yoğurdun, toplumumuzun beslenmesinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Yapmış olduğu çalışmalar sonucunda yoğurdun insan ömrünü uzattığını ortaya koyan Rus bilim adamı Metchnikoff, söz konusu çalışmaları ile 1908 yılında Nobel ödülünü kazanmıştır (Yaygın 1999).

Yoğurt, önemli bir gıda maddesi olmasının yanısıra antimikrobiyal ve terapatik özellikleri bakımından da dikkat çekmektedir. Yoğurt üretiminde sütünfermantasyonu sırasında laktozun bir kısmı monosakkaritlere hidrolize olmakta, böylece laktoz intolerans olan kişiler süt yerineyoğurt tüketebilmektedir. Yoğurt üretimindefermantasyon sırasında üretilen laktik asit vehidrojen peroksit gibi bileşenler insan bağırsağında bulunan patojenlerin gelişimini engellemektedir. Yoğurdun çocuklarda diyareye nedenolan rota virüsünün viral enfeksiyonunun önlenmesinde, bağışıklık sisteminingüçlendirilmesinde, bazı alerjik reaksiyonların azalmasında, ülser neden olan *Helicobacter pylori*'nin gelişiminin engellenmesinde, serum kolesterolünün düşmesinde ve kanserinönlenmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Çakmakçı ve Gündoğdu 2005).

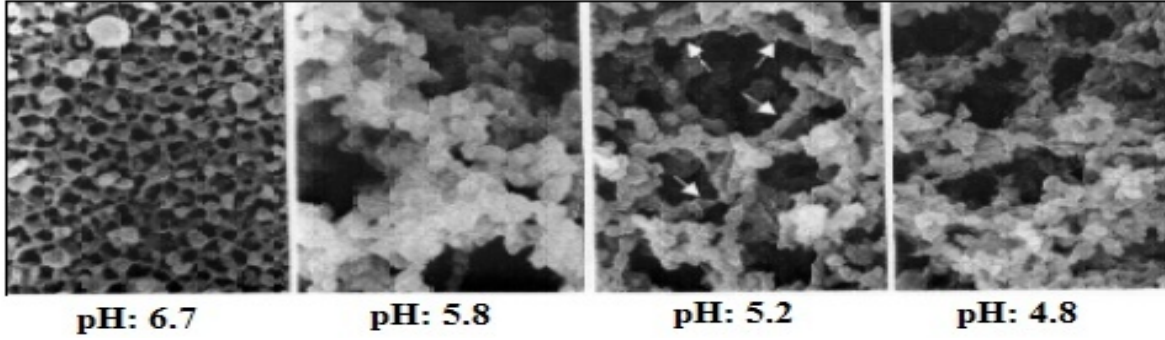
Yoğurdun ülkemizde en önemli tüketim şekillerinden biri ayran olarak tüketilmesidir. Ayran, yoğurda su katılarak veya kurumaddesi ayarlanan süte *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren starter kültür katılarak hazırlanan birüründür (Anonim 2009). Ayran, yoğurdun tüm besleyici unsurlarını katılan su miktarına bağlı olarak değişik oranlarda ihtiva etmektedir. Ayran yapımında kullanılan su, içilebilir nitelikteolmalıdır. Ayranda gözle görülebilir kirlilik belirtisi olmamalı, yabancı tat, koku ve aromahissedilmemelidir. Ayranın titrasyon asitliği laktik asit cinsinden %0.5 ile %1.0 arasındaolmalı, en az %2.0 oranında süt proteini içermeli ve tuz oranı %1'i geçmemelidir. Ayrıca rafömrü süresince yoğurt bakterilerinin sayısı 10^6 kob/ml'den az olmamalı; küf ve maya sayısı100 kob/ml'den, koliform grubu bakteri sayısı ise 9 kob/ml'den çok olmamalıdır. Ayran, yağmiktarına göre üç farklı grupta toplanmaktadır. Tam yağlı ayran en az %1.8, yarım yağlı ayran en az %0.8, yağsız ayran en fazla %0.5 oranında süt yağı içermelidir (Anonim 2009).

Sindiriminin kolaylığı ve ferahlatıcı etkisi açısından ayran ülkemizde özellikle yaz aylarında oldukça fazla miktarda tüketilmektedir (Köksoy ve Kılıç 2003). Dünyada da çeşitli ülkelerde ayran benzeyen, düşük viskoziteli yoğurt sınıfında değerlendirilen ürünler üretilmektedir. Bu ürünler genel olarak “içilebilir yoğurt” ya da “laktik içecek” olarak adlandırılmaktadır (Bölükbaşı 2007). Pek çok ülkede büyük ölçekte üretilmekte olan ayran benzeri ürünlerin ferahlatıcı ve besleyici nitelikleri nedeniyle endüstriyel üretim her geçen gün artarak devam etmektedir (Kiani vd 2008). Yoğurt ve ayran üretim miktarları her yıl artış göstermektedir. Yoğurt üretimi 2013 yılında 2012 yılına göre % 2.7 artarak 1.081.390 ton olmuştur. Özellikle yaz aylarında üretiminde artış görülen ayranın ise 2013 yılındaki toplam üretim miktarı bir önceki yıla göre %10.2 artarak 560.101 ton olmuştur (Anonim 2014).

Geleneksel bir içeceğimiz olan ayranın yıllık tüketim miktarının artırılabilmesi için öncelikle üründe standart bir kalite düzeyinin yakalanması ve piyasada tüketici açısından kabul edilebilirliğinin artırılması gerekmektedir. Ayran gibi içilebilir nitelikteki fermente süt ürünlerinin kalite parametrelerinin başında viskozite ve serum ayrılması gelmektedir. Bu ürünlerin viskozite ve serum ayrılması değerlerini; üretimde kullanılan sütün toplam kurum miktarı, yağ miktarı, protein içeriği (kazein/serum proteini oranı), tuz dengesi, homojenizasyon, ısıl işlem, serum proteinlerinin denatürasyon derecesi, ürünün asitliği, depolama koşulları, üretimde kullanılan starter kültürün miktarı ve aktivitesi gibi faktörler etkilemektedir (Tamuçay Özünlü 2005). Söz konusu bu faktörlerin etkisini anlayabilmek için öncelikle ayranın jel yapısını kavramak gerekmektedir. Süt polidispers bir gıdadır. Bileşiminde yer alan süt yağı, emülsiyon; protein, koloidal dispersiyon; laktoz ve mineral maddeler ise gerçek çözelti halinde bulunmaktadır. Laktoz, yağ, protein ve mineral maddeler ayran oluşumunda ve yapının korunumunda anahtar rol oynamaktadır. Sütün en temel proteini kazeindir. Kazein sütte misel adı verilen parçacıklar halinde bulunmaktadır. Kazein miseli; α_{s1} -, α_{s2} -, β - ve κ -kazein olmak üzere dört temel kazein molekülünden meydana gelen alt misellerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Alt miselleri bir arada tutarak kazein miselinin iç yapısal stabilitesini koruyan kuvvetler hidrofobik etkileşim ve fosfat iyonu ile kalsiyum iyonu arasındaki etkileşimdir. Kazein miselleri arasındaki koloidal stabilitenin korunmasında ise negatif yüklü kazein miselleri arasında oluşan elektrostatik itme kuvveti ile κ -kazeinin hidrofilik karakterinden kaynaklanan sterik itme kuvveti etkilidir. Kazeinler sütte stabil formda bulunmakta olup jel oluşturabilmeleri için öncelikle stabilitelerini yitirmeleri gerekmektedir. Kazein miselleri sütte asitliğin artmasıyla yapısal ve koloidal stabilitelerini kaybetmektedir (Horn 2002, Özer 2006).

Ayran oluşumu sırasında laktozun starter kültürde yer alan bakteriler tarafından laktik aside parçalanmasıyla sütün asitliği artmaktadır. Sütün pH değeri 6.6'dan 6.0'ya düştüğünde kazein miselinin yüzeyindeki negatif iyon yükünün azalmasına bağlı olarak kazein miselleri arasındaki elektrostatik itme kuvveti azalmaktadır. Ayrıca az miktarda kalsiyum ve fosfat iyonu kazein miselinden ayrılarak süt serumuna geçmektedir. Sütün pH değeri 6.0'dan 5.0'e düştüğünde elektrostatik itme kuvveti ve sterik itme kuvveti zayıflamakta, kalsiyum ve fosfor iyonlarının tamamına yakını çözünmektedir. Çözünme sonucunda misel içerisindeki alt miselleri bir arada tutan kuvvetin ortadan kalkmasıyla alt miseller kazein miselinden ayrılmaktadır. Miselden ayrılan alt miseller arasında kazein-kazein interaksiyonu meydana gelmekte ve jelleşme süreci başlamaktadır (Şekil 2.1). Kazeinlerin birleşmesini engelleyen itme kuvvetlerinin en zayıf olduğu pH değeri 4.6'da (izoelektrik nokta) kazein-kazein interaksiyonu maksimum seviyededir. Kazein-

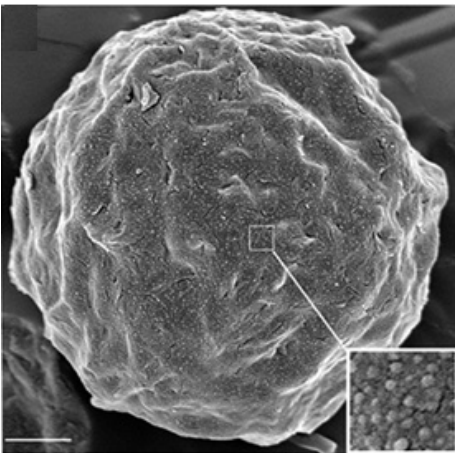
kazein interaksiyonunun başladığı andan itibaren alt miseller kümeleşip zincir oluşturarak ayranın jel yapısını meydana getirmektedir (Boland vd 2014).



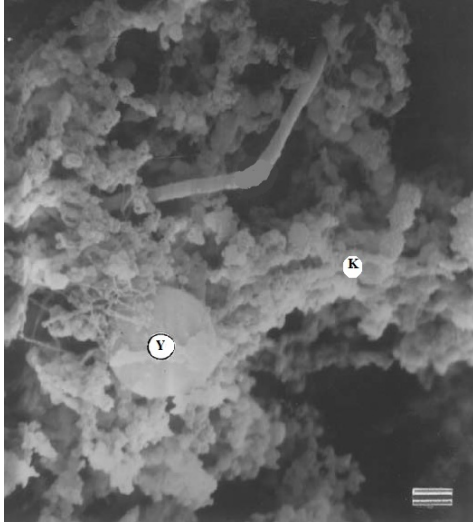
Şekil 2.1. Taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş farklı pH değerlerindeki süt örneklerinin görüntüsü (Lefebvre 2001)

Ayran oluşumunda kazein-kazein, kazein-yağ globülü, kazein-serum proteinleri ve yağ globülü-serum proteini interaksiyonları ayran jel yapısının yapı taşlarıdır. Söz konusu bu interaksiyonlar üzerinde sütün bileşenleri, bileşen miktarı ve süte uygulanan işlemler oldukça etkilidir.

Sütte bulunan yağ globülleri basit bir yağ-su emülsiyonu değildir. Yağ globüllerinin büyüklüğü; bulunduğu sütün sağıldığı hayvanın türüne, beslenmesine ve laktasyon dönemine bağlı olup ortalama çapı 0.2-15 µm arasında değişmektedir. Globüllerin etrafı 5-10 nm kalınlığında fosfolipid-protein kompleksinden oluşan bir membranla çevrilmiştir (Şekil 2.2). Süt yağı globül membranı olarak adlandırılan bu yapı emülsiyon stabilitesini güçlendirmektedir. Süt yağı globül membranı temel olarak proteinler, glikoproteinler, enzimler, fosfolipidler, triaçilgliseroller, glikolipidler, kolesterol ve diğer iz bileşenlerden meydana gelmektedir. Süt yağı ve süt proteinleri arasındaki bütün etkileşimler bu membran aracılığıyla gerçekleşmektedir (Küçükçetin vd 2008). Taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş yoğurt jelinde yağ globülü ile kazein etkileşimini gösteren görüntü Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş süt yağı globülünün ve globül membranının on kez büyütülmüş görüntüsü, ölçek 1µm (Luo 2014).



Şekil 2.3. Taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş yoğurt jelinde yağ globülü ile kazein etkileşiminin görüntüsü, Y: Yağ globülü, K: Kazein miselleri, Ölçek 1µm (Sandoval-Castilla 2004).

Süte uygulanan işlemlerden biri olan homojenizasyon; süt içerisinde emülsiyon halde bulunan ve sürekli olmayan fazı oluşturan yağ globüllerinin daha küçük parçalara bölünerek yağın daha stabil hale getirilmesi, diğer bir ifade ile emülsiyon fazındaki yağ taneciklerinin sıvı faz içerisindeki doğal sedimentasyonunu durdurmak veya yavaşlatmak amacıyla yapılan mekaniksel bir işlemdir (Metin 2009). Homojenizasyon işlemi sırasında oluşan yüksek kesme gücü ve kavitasyon yağ globüllerinin çevresini saran süt yağı globül membranına zarar vererek yağ globüllerinin parçalanmasına neden olmaktadır (Michalski vd 2006). Homojenizasyon ile yağ globüllerinin yüzey alanı artmakta ve süt yağı globül membranı, miktar olarak yeni oluşmuş yüzeyi kaplamakta yetersiz kalmaktadır. Parçalanmış yağ globüllerinin süt ortamındaki stabilizasyonu, homojenizasyon sırasında kazein misellerinin parçalanmasıyla meydana gelen kazein ve serum proteinlerinden oluşan yeni ve daha kalın bir tabaka ile sağlanmaktadır. Homojenizasyon işlemi sonrası oluşan bu yeni tabaka, yağ ve süt serumu arasında köprü görevi görerek yağ globüllerinin bir araya gelmesini engellemektedir. Parçalanmış yağ globüllerinin sütte stabilizasyonuna olanak sağlayan bir diğer etken ise globül boyutlarının küçültülmesiyle yüzeye doğru hareket eden yağ globül hızının düşürülmesidir. Yağ globüllerinin süt içerisinde homojenizasyonu ile süt daha stabil hale gelmekte, sütün hidrofilik özellikleri iyileşmekte, duyu özellikleri gelişmekte, su tutma kapasitesi ve viskozitesi artmaktadır (Cho 1999, Tunçtürk 2000).

Farklı basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin set tipi yoğurtların bazı özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; homojenize edilmemiş ve 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/cm² basınçta homojenize edilmiş sütler 85°C'de 20 dakika ısıtılarak tabii tutulmuştur. Isıl işlem sonrası 45°C'ye soğutulan sütlere %2 oranında starter kültür ilave edilerek 43°C'de inkübe edilmiş ve pH 4.7 ulaştığında inkübasyona son verilmiştir. Üretilen yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 14. gününde konsistans ve viskozite ölçümleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda uygulanan homojenizasyon basıncının artmasıyla örneklerin konsistans ve viskozite değerlerinin arttığı saptanmıştır. Yoğurt örneklerinin konsistans ve viskozite değerlerinin 100 kg/cm² basınç uygulamasından sonra önemli düzeyde arttığı, homojenize edilmemiş örnekler ile

50 kg/cm² basınçla homojenize edilmiş örneklerin konsistens ve viskozite değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Atamer vd 1992).

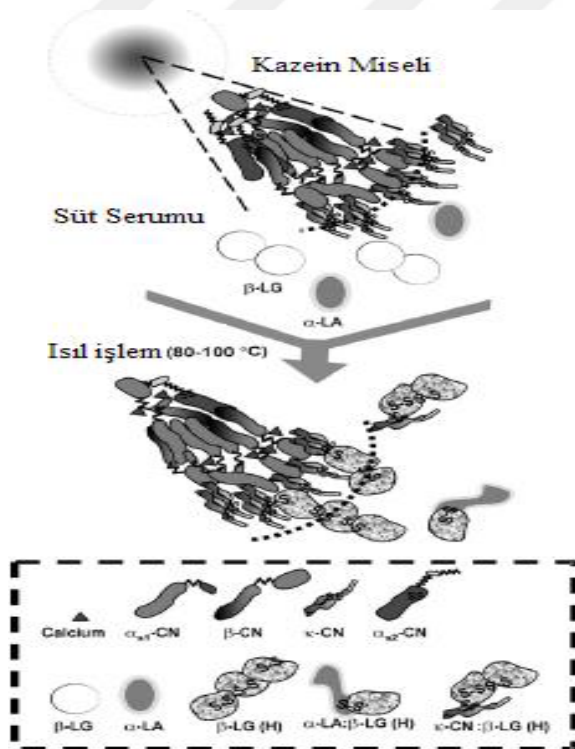
Homojenizasyon basıncının set tipi yoğurtlar üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada; homojenize edilmemiş ve 60°C'de 5, 10, 15 ve 20 MPa basınçlarda homojenize edilmiş sütler 85°C'de 20 dakika ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası 44°C'ye soğutulan sütler %2 oranında yoğurt kültürü inoküle edilmiştir. 44°C'de inkübe edilen örneklerin pH değeri 4.7'ye geldiğinde inkübasyona son verilmiştir. Üretilen yoğurt örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Sütteki yağ globül çapları homojenizasyon basıncı arttıkça önemli derecede düşmüştür. Homojenize edilmemiş ve 5, 10, 15 ve 20 MPa basınçlarda homojenize edilmiş örneklerde yağ globüllerinin çapları sırasıyla 4.35, 2.58, 1.82, 0.90 ve 0.65 µm olarak tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi ve lipoliz derecesi homojenizasyon basıncının artışına bağlı olarak artmıştır. Homojenize edilmemiş ve 5, 10, 15 ve 20 MPa basınçlarda homojenize edilmiş örneklerin su tutma kapasiteleri sırasıyla %76.5, %78.6, %80.8, %82.6 ve %85.3 olarak ölçülmüştür. Yoğurt örnekleri arasında titrasyon asitliği, pH ve proteoliz değerleri açısından önemli bir farklılık saptanmamıştır. Küf ve laktik asit bakterileri sayısı bütün yoğurt örneklerinde benzer bulunurken, genel olarak homojenizasyon basıncının artışıyla duyuşal özellikler gelişmiş ve 15 MPa'da homojenize edilen süttten yapılan yoğurt örneğinin en fazla beğeniyi topladığı belirlenmiştir (Tunçtürk vd 2000).

Farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerle yapılan ayranların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada toplam kurum maddesi %8 olacak şekilde saf su ilave edilen ve yağ oranı %1.5'e standardize edilmiş sütler 55°C'de 150, 200 ve 250 kg/cm² basınçlarda homojenize edilmiş ve 95°C'de 5 dakika ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası 45°C'ye soğutulan ve %0.4 oranında starter kültür ile inoküle edilen sütler 43°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Örneklerin pH değeri 4.0'ye geldiğinde inkübasyon işlemine son verilmiştir. Üretilen ayran örneklerine %0.5 oranında tuz ilave edilmiş ve karıştırma işlemi uygulanmıştır. Örnekler 14 gün süresince buzdolabı koşullarında (4-5°C'de) depolanmıştır. Depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde örneklerde fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda homojenizasyon basıncının artışına bağlı olarak örneklerin viskozitelerinin arttığı tespit edilmiştir. Depolamanın tüm dönemlerinde en yüksek viskozite değeri 250 kg/cm² basınçta homojenize edilen örnekte (depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde sırasıyla 147, 175 ve 171 cP), en düşük viskozite değeri ise 150 kg/cm² basınçta homojenize edilen örnekte (depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde sırasıyla 65, 54 ve 57 cP) saptanmıştır. Farklı homojenizasyon basınçlarının ayranların kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerinde ise önemli bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir (Tamuçay Özünlü 2005).

Homojenizasyon işleminin yağ globül çaplarını küçülterek yüzey alanını artırması ve bu yeni oluşan yüzeye serum proteinlerinin (β -laktoglobulin ve α -laktoalbumin) daha fazla adsorbe olabilmesi için serum proteinlerinin denatüre formda olmasının gerekliliği, homojenizasyon işleminin yanında uygulanan ısı işlem normlarının (sıcaklık-süre kombinasyonu) da ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Michalski vd 2006, Considine vd 2007).

Uygulanan ısı işlem normuna bağlı olarak sütün bazı özelliklerinde değişmeler meydana gelmektedir. Kazein ısı etkilerine karşı oldukça stabil bir proteindir. Proteinlerin hemen hemen hepsi 60-100°C'de 5 saat ısı işlem uygulandığında denatüre olduğu halde, kazein molekülü üç boyutlu yapısını koruyabilmektedir. Kazeinin ısı işleme karşı bu stabilitesi; bünyesinde α -heliks bağlarının az olması ile sistein amino asidinin olmaması ve sistinin de az miktarda bulunmasına bağlanmaktadır (Özer 2006). Ancak 120°C'nin üstündeki sıcaklıklarda kazein molekülü denatüre olmamasına rağmen kalsiyum iyonlarının serum faza geçmesiyle misel yapısında ayrışmalar meydana gelebilmektedir. Ayrıca koloidal kalsiyum fosfat bağlarının zayıflamasıyla ve elektrostatik itme kuvvetinin etkisiyle κ -kazein miselden ayrılabilir (Kessler 2002).

Isıl işlemin sütte meydana getirdiği en önemli değişiklik serum proteini denatürasyonudur. Serum proteinleri, uygulanan ısı işlem sıcaklığına ve süresine bağlı olarak üç boyutlu yapısını muhafaza edemeyerek denatüre olmaktadır. Denatürasyon; içme sütü üretiminde tercih edilmemekle birlikte, fermente süt ürünlerinin üretiminde istenen bir durumdur. Çünkü ısı işlem ile denatürasyon sonucunda süt proteininin üç boyutlu yapısının korunmasında rol oynayan hidrojen köprüleri, disülfid köprüleri ve hidrofobik bağlar termik olarak kırılmaktadır. Bağların kırılmasıyla ortaya çıkan aktif gruplar yağ globül membranı, serum proteinleri ve κ -kazein ile interaksiyona girerek daha sıkı bir jel yapısının oluşmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 2.4). Ancak söz konusu bu interaksiyonların gerçekleşebilmesi ve uygun tekstürel özelliklere sahip fermente süt ürünlerinin üretimi için serum proteinleri denatürasyonunun %90'ın üzerinde olması gerekmektedir (Kessler 2002, Sodini vd 2004, Considine vd 2007).



Şekil 2.4. Isıl denatürasyona uğramış serum proteinleri ile kazein miselinin interaksiyonu. CN:Kazein, β -LG: β - laktoglobulin, α -LA: α -laktoalbumin (Considine vd 2007).

Isıl işlemin serum proteinleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yağsızsüttozundan üretilen sütler 90°C'de 1 ve 5 dakika ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlemlenmemiş sütteki serum proteini denatürasyon oranı % 4.5, 90°C'de 1 dakika ısıl işlemlenmiş sütün serum proteini denatürasyon oranı %64.5, 90°C'de 5 dakika ısıl işlem görmüşsütün serum proteini denatürasyon oranı %74.3 olarak tespit edilmiştir. Hazırlanan sütlere0.2g/l olacak şekilde yoğurt kültürü inoküle edildikten sonra 42°C'de inkübe edilerek yoğurtüretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen yoğurt örneklerinin su tutma kapasiteleri ve viskozitelerikarşılaştırılmıştır. 90°C'de 5 dakika ısıl işlem görmüş süttten üretilen yoğurt örneğinin sututma kapasitesinin ve viskozitesinin 90°C'de 1 dakika ısıl işlem görmüş süttten üretilenyoğurt örneğinden daha yüksek olduğu saptanmıştır (Remeuf 2003).

Isıl işlemin, kullanılan starter kültür çeşidinin, inkübasyon sıcaklığının ve depolamasüresinin pıhtısı parçalanmış yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiğibir çalışmada yoğurda işlenecek süt 95°C'de 5 dakika ve 130°C'de 80 saniye ısıl işlemetutulmuştur. Üretilen yoğurt örnekleri 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolama süresince yapılan analizler sonucunda ısıl işlem sıcaklığı arttırıldığında yoğurttaki görsel pürüzlülüğün,partikül sayısının ve partikül büyüklüğünün, tutulan enerji miktarının ve kayma gerilimininazaldığı tespit edilmiştir (Küçükçetin vd 2009).

Küçükçetin (2008) tarafından yapılan bir başka çalışmada ısıl işlemin vekazein/peyniraltı suyu proteini oranının pıhtısı parçalanmış yoğurdun fizikokimyasalözellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Kazein/peyniraltı suyu proteini oranı 1.5:1, 2:1, 3:1 ve4:1 olacak şekilde ayarlanan yağsız sültere 95°C'de 256 saniye, 110°C'de 180 saniye ve130°C'de 80 saniye ısıl işlem uygulanmış ve söz konusu bu sülter ile yoğurt üretimigerçekleştirilmiştir. Üretilen yoğurt örnekleri 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamasüresince yapılan analizler ile yoğurt örneklerinin görsel pürüzlülüğü, partikül sayısı, partikülbüyüklüğü, tutulan enerji miktarı, kayma gerilimi ve serum ayrılması ölçülmüştür. Isıl işlemsıcaklığı ve kazein/peyniraltı suyu proteini oranı arttıkça yoğurdun görsel pürüzlülüğünün,yoğurttaki partikül sayısının, partikül büyüklüğünün, tutulan enerji miktarının ve kaymageriliminin azaldığı, serum ayrılmasının ise arttığı tespit edilmiştir.

Krasaekoopt vd (2004) tarafından yapılan bir çalışmada yoğurt üretiminde kullanılmak üzere süttozu ile toplamkurumaddesi %16, %18 ve %20'ye ayarlanan sültere 143°C'de 6 saniye ve 85°C'de 30 dakikaisıl işlem uygulanarak ısıl işlemin yoğurdun tekstürel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.Kurumadde oranı %16, %18 ve %20 olan ve 85°C'de 30 dakika ısıl işleme tabi tutulan sülterde serum proteini denatürasyon derecesisırasıyla %78.6, %85.9 ve %86.4,146°C'de 6 saniye ısıl işleme tabi tutulan sülterde ise sırasıyla %50.0, %50.5 ve %60.7 olaraktespit edilmiştir. Aynı kurumadde miktarına sahip yoğurt örneklerinden 85°C'de 30 dakikaisıl işleme tabi tutulan süttten üretilen örneklerin serum proteini denatürasyon derecelerinin 146°C'de 6saniye ısıl işleme tabi tutulan süttten üretilen örneklerin serum proteini denatürasyon derecelerinden yüksekolmasından ötürü, 85°C'de 30 dakika ısıl işleme tabi tutulan süttten üretilen örneklerin viskozite değerlerindedaha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca %20 kurumaddeye sahip 146°C'de 6 saniye ısılişleme tabi tutulan süttten üretilen örneğin viskozite değeri ile %16 kurumaddeye sahip 85°C'de 30 dakikaisıl işleme tabi tutulansüttten üretilen örneğin viskozite değerlerinin de birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş sütlerle yapılan ayranların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada toplam kurumaddesi %8 olacak şekilde saf su ilave edilen ve yağ oranı %1.5'e standardize edilen sütlere 75, 85 ve 95°C'de 5'er dakika olmak üzere üç farklı ısıl işlem uygulanmıştır. Söz konusu bu sütler ile üretilen ayranlar 4-5°C'de 14 gün süresince depolanmış ve depolamanın 1., 7. ve 14.günlerinde ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Ayran üretiminde farklı ısıl işlem uygulamasının pH, titrasyon asitliği, yoğurt bakterilerinin sayısı ve örneklerin duyuşal nitelikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ancak örneklerin asetaldehit içerikleri ile serum ayrılması ve viskozite değerleri üzerine farklı ısıl işlem uygulamasının etkisi önemli bulunmuş, en yüksek viskozite ve en düşük serum ayrılması değerleri 95°C'de 5 dakika ısıl işlem uygulanan sütten üretilen ayran örneklerinde elde edilmiştir (Tamuçay Özünü 2005).

Farklı ısıl işlem sıcaklıklarının ve sütteki yağ miktarının katı tip yoğurdun reolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada homojenize ve pastörize süt kullanılarak üç farklı oranda yağ içeren (yağsız, %1.5 ve %3.5) sütler hazırlanmıştır. Standardize edilen sütler 80, 85, 90 ve 95°C'de 1 dakika ısıl işleme tabi tutulmuş ve inkübasyon sıcaklığına soğutulmuştur. Soğutulan sütlere %3 oranında yoğurt kültürü inoküle edilmiş ve inoküle edilen sütlerden yaklaşık 30 ml alınarak U-tüp reometrenin ölçüm haznesinde inkübasyona bırakılmıştır. U-tüp reometre ile örneklerin pH'sı 4.0'e düşene kadar her 5 dakikada bir pH değeri ve tutulan enerji miktarı ölçümü yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yağ oranı ve ısıl işlem sıcaklığı arttıkça tutulan enerji miktarının arttığı tespit edilmiştir (Xu 2008).

Shaker vd (2000)'nin yaptıkları bir çalışmada dört farklı yağ oranına (%0.2, %0.8, %1.5 ve %3.0) sahip çiğ süt kullanılarak yağ miktarının yoğurdun reolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Standardize edilen sütler 137°C'de 2 saniye ısıl işleme tabi tutulmuş ve 13.79 MPa basınçta homojenize edilmiştir. Homojenize edilen sütlere %3 oranında starter kültür aşılandıktan sonra 45°C'de inkübe edilerek yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Yoğurt örneklerinin pH değeri ve viskozitesi inkübasyon süresince belli aralıklarda ölçülmüştür. Yoğurt örneklerinin yağ oranı arttıkça inkübasyon süresi uzamıştır. Reolojik ölçümler sonucunda yoğurt örneklerinin Newton tipi olmayan psödoplastik bir akış davranışı gösterdiği ve reolojik karakteristiklerinin üslü yasa modeline uyduğu tespit edilmiştir. Üslü yasa modeline göre %0.2, %0.8, %1.5 ve %3.0 yağ içeren yoğurt örneklerinin kıvam katsayıları sırasıyla 504.9, 640.0, 650.0 ve 236.7 Pa.s, akış davranış indeksi değerleri ise sırasıyla 0.107, 0.024, 0.063 ve 0.330 olarak saptanmıştır. Ayrıca aynı çalışmada %3.0 yağ içeren ve 13.79 MPa basınçta homojenize edilen süte üç farklı ısıl işlem uygulanarak (137°C'de 2 saniye, 90°C'de 3 dakika ve 65°C'de 30 dakika) ısıl işlemin yoğurdun reolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. 137°C'de 2 saniye, 90°C'de 3 dakika ve 65°C'de 30 dakika ısıl işleme tabi tutulan, %3.0 yağ içeren sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin kıvam katsayıları sırasıyla 236.7, 570.7 ve 423.7 Pa.s, akış davranış indeksi değerleri ise sırasıyla 0.330, 0.332 ve 0.374 olarak tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Ayran üretiminde kullanılan inek sütü Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermayesi'ne bağlı Sığır Çiftliği'nden, rafine tuz piyasadan, ayran kültürü (Mystarter culture RV1 A) ise Maysa Gıda San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul, Türkiye)'den temin edilmiştir. Ayran üretimi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada ayran üretiminde kullanılmak üzere üç farklı oranda yağ içeren (%0.1, %1.0 ve %2.0) ve içilebilir nitelikteki su ile toplam kurumaddesi %8'e standardize edilmiş sütler hazırlanmıştır. Standardize edilen ve homojenizasyon işlemi için 60°C'ye ısıtılan sütler laboratuvar tipi homojenizatör (Buffalo Series Homolab 2, H.P. Homogenizers FBF, Parma, Italy) kullanılarak tek veya çift kademeli olmak üzere toplam dört farklı şekilde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Homojenizasyon işlemine tabi tutulmayan sütlerden yapılan ayranlar çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Tek kademeli homojenizasyon işleminde sütler 150 veya 300 bar basınçta, çift kademeli homojenizasyon işleminde ise sütler ikinci kademe basıncı 50 bar'da sabit olmak üzere birinci kademe 150 veya 300 bar basınçta homojenize edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Homojenizasyon ünitesi

Süte uygulanacak ısı işlem, saatte 5 litre süt kapasiteli plakalı ve borulu ısı değiştirici düzeneklerini içeren laboratuvar tipi ısı işlem ünitesinde (Maksüt 1, Maksüt Endüstriyel Gıda Makinaları San. Tic. Ltd. Şti., Antalya, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Ayran üretimine ait akış şeması Şekil 3.2'de verilmiştir. Isıl işlem ünitesinin plakalı ısı değiştirici düzeneğine ait şematik görünüm Şekil 3.3'de verilmiştir.

Kurumadde (%8) ve yağ standardizasyonu (%0.1, %1.0, %2.0 yağ)



Homojenizasyon (150 ve 300 bar ile 150/50 ve 300/50 bar)



Isıl işlem (95°C'de 80 saniye ve 95°C'de 256 saniye)



Soğutma (42°C)



Aşılama (%2)



İnkübasyon (42°C'de)



Soğutma (20°C)

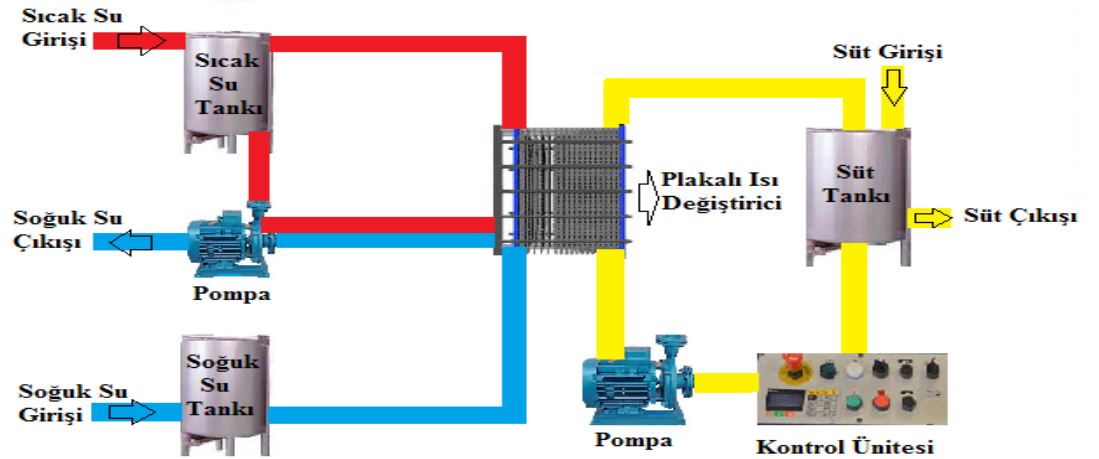


Tuz ilavesi (%0.5)



Depolama(4-5°C)

Şekil 3.2. Ayran üretimi akış şeması



Şekil 3.3. Isıl işlem ünitesinin şematik görünümü

Isıl işlem ünitesinde (Şekil 3.4) bir adet ısıtma tankı, bir adet soğutma tankı, bir adet süt tankı, bir adet plakalı ısı değiştirici, bir adet borulu ısı değiştirici, iki adet üç yollu vana, bir adet kontrol ünitesi, ısıtma tankının ve soğutma tankının sıcaklığının ölçüldüğü iki adet termokupl ve iki adet termostat bulunmaktadır. Isıl işlem ünitesinde bulunan kontrol ünitesi ile süt, istenilen ısıtma sıcaklığında istenilen süre ısıtma işlemine tabi tutulabilmekte ve istenilen sıcaklığa soğutulabilmektedir. Isıl işlem, ısıtma ünitesinin plakalı ısı değiştirici düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Isıl işlem ünitesi

Homojenize edilen ve edilmeyen sütler, ısıtma ünitesinde Kessler (1997)'e göre %90 ve %99 serum proteinleri denatürasyonu için sırasıyla 95°C'de 80 saniye ve 95°C'de 256 saniye ısıtma işlemine tabi tutulmuş ve ısıtma işlem sonrasında 42°C'ye soğutulmuştur. Soğutulan sütlere %2 oranında ayran kültürü inoküle edilip 42°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemine ürünlerin pH'sı 4.6'ya ulaşınca son verilmiştir. İnkübasyon sonunda 20°C'ye soğutulan örnekler %0.5 oranında tuz ilave edildikten sonra ultra turrax (T 18D, Ika, Staufen, Germany) ile 9500 rpm'de 30 saniye karıştırılmıştır. Üretilen ayranlar 4°C'ye soğutulup 30 gün süresince 4°C'de depolanmıştır. Depolanmanın 1., 15. ve 30. günlerinde örneklerde fizikokimyasal ve duyu analizleri yapılmıştır.

3.1. Fizikokimyasal analizler

3.1.1. Süt yapıları analizleri

Kurumadde, TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak saptanmıştır (Anonim 1994). Yağ, Gerber yöntemi ile tespit edilmiştir (Anonim 1995). Protein, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kurt vd 1993). pH, pH metre (Orion 2 Star, Thermo Scientific, Singapore) ile ölçülmüştür. Titrasyon asitliği, TS 1018 Çiğ Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre belirlenmiştir (Anonim 1994). Kül, gravimetrik yöntem kullanılarak saptanmıştır (Kurt vd 1993). Partikül boyutu analizi Jensen vd (2010)'nin belirttiği metoda göre lazer kırınımı prensibiyle çalışan Malvern Mastersizer 2000S (Malvern Instruments Ltd, Worcs, England) kullanılarak yapılmıştır. Yapılan partikül analizi sonucunda süt örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama yarı çapları $D[4,3] = \frac{\sum n_i \cdot d_i^4}{\sum n_i \cdot d_i^3}$; n_i , d_i çapındaki

partikül sayısı), yüzey alanı ağırlıklı ortalama yarı çapları $D[3,2]$ ($\sum n_i \cdot d_i^3 / \sum n_i \cdot d_i^2$) ve spesifik yüzey alanları ($6 \cdot \phi / D[3,2]$; ϕ , süt yağının hacim oranı) tespit edilmiştir.

3.1.2. Ayran örneklerinde yapılan analizler

Kurumadde, TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994). Yağ, Gerber yöntemi ile saptanmıştır (Anonim 1995). Ayran örneklerinde protein tayini Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kurt vd 1993). Ayran örneklerinin pH değerleri, pH metre (Orion 2 Star, Thermo Scientific, Singapore) ile ölçülmüştür. Titrasyon asitliği, TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre tespit edilmiştir (Anonim 1994). Kül, gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd 1993). Örneklerdeki serum ayrılması miktarı Özdemir ve Kılıç (2004)'ın bildirdiği yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. 50 ml'lik mezürlere 50 ml ayran örneği konularak 4°C'deki serum ayrılmaları tespit edilmiştir. Örnekler için reolojik parametreler Tratnik vd (2006)'nin belirttiği yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerin reolojik ölçümleri Brookfield R/S plus reometre (Brookfield, Middleboro, MA, USA) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde double gap concentric cylinder geometry (DG 3) kullanılmıştır. Ölçüm sırasında su banyosu (Brookfield TC-502) kullanılarak örneklerin sıcaklığı 10°C'de sabit tutulmuştur. Isıl dengenin sağlanabilmesi için örnekler ölçüm kabında yaklaşık 2 dakika bekletildikten sonra ölçümlere başlanılmıştır. Kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülmüştür. Kayma hızı 0.1'den 300'e 1/saniye artırılarak 5 dakika çıkış ve 300'den 0.1'e 1/saniye azaltılarak 5 dakika iniş eğrileri belirlenmiştir. Örneklerin reolojik özellikleri, çıkış ve iniş eğrilerine ait veriler kullanılarak, akışkan tipi Rheo3000 (Rheotec Messtechnik GmbH, Berlin, Germany) yazılımı ile belirlenmiştir. Çıkış viskozite/kayma hızı eğrisindeki 50 1/s kayma hızındaki değer, Köksoy ve Kılıç (2004)'e göre örneklerin görünür viskozite değerleri olarak alınmıştır. Ölçümler, ayran örneklerinin 4°C'de depolanmasının 1., 15. ve 30. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2. Duyusal analiz

Ayranların duyusal değerlendirilmesi, Bodyfelt vd (1988) belirttiği yöntemin modifiye edilmesi ile elde edilen puanlama sistemine göre (Çizelge 3.1) Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşturulan 7 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Ayran örneklerinin duysal niteliklerinin saptanmasında kullanılan puanlama ölçütleri (Bodyfelt vd 1988)

ÖZELLİKLER	Yok	Hafif	Belirgin	Çok Belirgin
Aroma				
Buruk,kekremsi	10	7	5	3
Ransit	10	8	5	2
Pişmiş Tat	10	9	8	6
Yüksek Asitlik	10	9	8	7
Ferahlatıcı olmayan	10	8	7	6
Metalik/okside tat	10	6	4	2
Yabancı Tat	10	8	7	6
Mayamsı	10	6	4	2
Aroması İyi Olmayan	10	9	8	7
Yapı ve Tekstür				
Pıhtılı Yapı	5	4	3	2
Gazlı Yapı	5	4	3	2
Kumlu Yapı	5	4	3	2
Topaklanmış Yapı	5	4	3	2
Aşırı Viskoz	5	4	3	2
Görünüş ve Renk				
Yağlı	5	4	3	2
Homojen Olmayan	5	4	3	2
Serum Ayrılması	5	4	3	2
Yabancı Madde	5	4	3	2

3.3. İstatistiksel analiz

Araştırma faktöriyel düzende (ısıtma işlemi, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama süresi) 2 tekerrürlü yapılmış olup, analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmasonuçları varyans analizine tabi tutulmuş ve farklı bulunan sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Süt analizi sonuçları

Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları ile pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ayran üretiminde kullanılan çiğ sütün ortalama yağsız kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları ile pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri

	Çiğ Süt
Yağsız kurumadde (%)	7.90±0.01
Yağ (%)	3.49±0.01
Protein (%)	2.90±0.00
Kül (%)	0.74±0.02
pH	6.64±0.01
Titrasyon Asitliği (%)	0.15±0.02

Üç farklı oranda yağ içeren (%0.1, %1.0 ve %2.0) ve içilebilir nitelikteki su ile toplam kurumadde %8’e standardize edilmiş sütlerin ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ayran üretiminde kullanılmak üzere standardize edilen sütlere ait ortalama yağsız kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları

	%0.1 Yağlı çiğ süt	%1.0 Yağlı çiğ süt	%2.0 Yağlı çiğ süt
Yağsız kurumadde (%)	7.80±0.02	6.79±0.03	5.77±0.01
Yağ (%)	0.14±0.04	1.12±0.01	2.15±0.06
Protein (%)	2.90±0.01	2.49±0.01	2.10±0.00
Kül (%)	0.65±0.02	0.63±0.02	0.58±0.01

Standardize edilen çiğ sütlerde homojenizasyon işlemi sonrası yapılan yağ globülü partikül boyutu analiz sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde farklı basınçlarda homojenize edilen ve %0.1 oranında yağ içeren sütlerin D[4,3] değerleri 0.25µm ile 0.37 µm, D[3,2] değerleri 0.20 µm ile 0.36 µm, spesifik yüzey alanı değerleri 16.80 m²/g ile 30.10 m²/g arasında, %1.0 oranında yağ içeren sütlerin D[4,3] değerleri 0.82 µm ile 5.16 µm, D[3,2] değerleri 0.33 µm ile 2.68 µm, spesifik yüzey alanı değerleri 2.26m²/g ile 18.00 m²/g arasında ve %2.0 oranında yağ içeren sütlerin D[4,3] değerleri 0.90 µm ile 4.82 µm, D[3,2] değerleri 0.39 µm ile 2.59 µm, spesifik yüzey alanı değerleri 2.32 m²/g ile 15.30 m²/g arasında tespit edilmiştir. D[4,3] değerinin, D[3,2] değerine göre daha hassas sonuçlar verdiği ve partikül dağılımını göstermek için daha uygun olduğu bildirilmektedir (Surh vd 2006).

Çizelge 4.3. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin partikülboyutu

Yağ (%)	Örnekler*	D[4,3](μm)	D[3,2](μm)	Spesifik yüzey alanı (m^2/g)
0.1	Kontrol	0.37±0.00	0.36±0.00	16.80±0.00
	150	0.36±0.00	0.36±0.00	16.85±0.05
	150/50	0.36±0.00	0.35±0.00	16.86±0.00
	300	0.37±0.01	0.36±0.00	16.80±0.00
	300/50	0.25±0.01	0.20±0.00	30.10±0.00
1.0	Kontrol	5.16±0.06	2.68±0.01	2.26±0.01
	150	1.37±0.00	0.48±0.00	12.55±0.05
	150/50	1.13±0.00	0.41±0.00	14.65±0.05
	300	0.95±0.00	0.37±0.01	15.40±0.20
	300/50	0.82±0.04	0.33±0.00	18.00±0.00
2.0	Kontrol	4.82±0.00	2.59±0.00	2.32±0.00
	150	2.11±0.00	1.64±0.00	3.67±0.00
	150/50	1.59±0.00	0.56±0.00	10.75±0.05
	300	1.15±0.00	0.51±0.00	11.70±0.00
	300/50	0.90±0.00	0.39±0.00	15.30±0.00

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Çiğ süt örneklerinin yağ globülü partikül boyutu analizi sonucunda belirlenen D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin varyasyon analizi sonuçları ile Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir. Süt örneklerinin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (yağ oranı ve homojenizasyon basıncı) örneklerin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 4. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[4,3] (μm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Partikül boyutu D[4,3] (μm) değeri		
	S. D	K. O	F
Yağ oranı (Y)	2	9.28737430	10780.9***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	7.84412433	9105.55***
Y x H	8	1.97934176	2297.64***
Hata	15	0.00086147	

*** $P < 0.001$ düzeyinde önemli

Çizelge 4.5. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[3,2] (μm) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Partikül boyutu D[3,2] (μm) değeri		
	S. D	K. O	F
Yağ oranı (Y)	2	1.70212163	29914.3***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	2.51242692	44155.1***
Y x H	8	0.70518222	12393.4***
Hata	15	0.00005690	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

Çizelge 4.6. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin spesifik yüzey alanı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Spesifik yüzey alanı (m^2/g)		
	S. D	K. O	F
Yağ oranı (Y)	2	297.6914433	44609.1***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	160.0339800	23981.1***
Y x H	8	22.7961100	3416.00***
Hata	15	0.006673	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

Süt örneklerine ait D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde farklı oranlarda yağ içeren süt örneklerinin D[4,3], D[3,2] değerleri ve spesifik yüzey alanı arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olduğu ($P < 0.05$) ayrıca yağ oranı arttıkça D[4,3] ile D[3,2] değerinin arttığı, spesifik yüzey alanının azaldığı tespit edilmiştir.

Farklı oranlarda yağ içeren homojenize edilen ve edilmeyen sütlere yapılan partikül boyutu analizi sonucunda homojenizasyon işleminin örneklerin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık oluşturduğu ($P < 0.05$), bununla birlikte süte uygulanan homojenizasyon basıncı ve kademesi arttıkça D[4,3] ile D[3,2] değerlerinin azaldığı ve spesifik yüzey alanı değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı homojenizasyon basınçlarına tabi tutulmuş çiğ sütlerin D[4,3] (μm), D[3,2] (μm) ve spesifik yüzey alanı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Yağ oranı	D[4,3] (μm)	D[3,2] (μm)	Spesifik yüzey alanı (m^2/g)**
%0.1	0.34±0.04c	0.32±0.06c	19.51±5.29 a
%1.0	1.88±1.64 b	0.85±0.91 b	12.57±5.44 b
%2.0	2.11±1.41a	1.13±0.85a	8.74±4.95 c
Homojenizasyon basıncı (bar)			
Kontrol*	3.44±2.18 a	1.87±1.07 a	7.12±6.84e
150	1.28±0.70 b	0.82±0.57 b	11.02±5.48d
150/50	1.02±0.50 c	0.44±0.08 c	14.13±2.57 c
300	0.82±0.33 d	0.41±0.07 d	14.63±2.15b
300/50	0.65±0.28 e	0.31±0.08 e	21.13±6.43a

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

Homojenize edilmemiş sütün ortalama spesifik yüzey alanı 1.9 ile 2.5 m^2/g arasında değiştiği bildirilmiştir (Fox 2006).

Jhanwar vd (2014)'nin yaptıkları çalışmada homojenize edilmeyen yağsız sütün partikül boyutu analizi sonucunda D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin sırasıyla 0.46 μm , 0.14 μm ve $4.4 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ ml}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Homojenizasyon basıncının ve sıcaklığının sütün lipoprotein lipaz aktivitesi ve serbest yağ asidi miktarı üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada %3.89 yağ içeren sütte partikül boyutu analizi yapılmıştır. Homojenize edilmemiş ile 40°C'de 100 bar, 40°C'de 170 bar, 50°C'de 100 bar ve 50°C'de 170 bar basınçta homojenize edilen sütlerin D[4,3] değerleri sırasıyla 4.07, 0.81, 0.70 ve 0.56 μm olarak belirlenmiştir (Wiking vd 2013).

Çalışmamızda tespit edilen partikül analizi sonuçlarının bazılarının diğer çalışmalara ait sonuçlar ile uyumlu, bazı sonuçlar ile uyumlu olmadığı belirlenmiştir. Bu durumun analize alınan sütlerin bileşimi ve uygulanan analiz yönteminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Ayran örneklerine ait analiz sonuçları

4.2.1. Ayran örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları

Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları Çizelge 4.8'de görülmektedir. Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek 95 °C'de 80 saniye ısıtılma tabi tutulan sütlerden üretilen %0.1 oranında yağ içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.85 ile %8.17 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.85 ile %2.95 arasında ve ortalama kül miktarlarının %0.76 ile %0.89 arasında değiştiği, ortalama yağ miktarının ise %0.1 olduğu tespit edilmiştir.

Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek 95 °C'de 80 saniye ısıtılma tabi tutulan sütlerden üretilen %1.0 oranında yağ içeren ayran

örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.81 ile %8.08 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.52 ile %2.61 arasında, ortalama kül miktarlarının %0.66 ile %0.78 arasındave ortalama yağ miktarının ise %1.0 ile %1.1 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek95 °C’de 80 saniye ısıtılma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen%2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.97 ile %8.15 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.36 ile %2.42 arasında, ortalama kül miktarlarının %0.75 ile %0.81 arasında ve ortalama yağ miktarlarının %2.0 ile %2.1 arasında değiştiği saptanmıştır.

Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek95 °C’de 256 saniye ısıtılma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen %0.1 oranında yağ içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.83 ile %8.10 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.88 ile %2.95 arasında ve ortalama kül miktarlarının %0.74 ile %0.85 arasında değiştiği, ortalama yağ miktarının ise %0.1 olduğu tespit edilmiştir.

Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek95 °C’de 256 saniye ısıtılma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen%1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.81 ile %8.13 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.56 ile %2.63 arasında, ortalama kül miktarlarının %0.76 ile %0.81 arasında ve ortalama yağ miktarlarının %1.0 ile %1.1 arasında değiştiği saptanmıştır.

Homojenize edilmeden ve farklı basınçlarda homojenize edilerek95 °C’de 256 saniye ısıtılma işlemine tabi tutulan sütlerden üretilen%2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin ortalama kurumadde miktarlarının %7.91 ile %8.18 arasında, ortalama protein miktarlarının %2.31 ile %2.40 arasında, ortalama kül miktarlarının%0.75 ile %0.85 arasında ve ortalama yağ miktarlarının %2.0 ile %2.1 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Ayran örneklerine ait ortalama kurumadde (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarları

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
95°C'de 80 saniye	0.1	Kontrol	7.94±0.06	0.1±0.00	2.95±0.14	0.82±0.01
		150	7.85±0.34	0.1±0.00	2.90±0.06	0.89±0.10
		150/50	8.08±0.10	0.1±0.00	2.85±0.02	0.80±0.01
		300	8.17±0.05	0.1±0.00	2.87±0.03	0.82±0.01
		300/50	7.90±0.54	0.1±0.00	2.86±0.01	0.76±0.01
	1.0	Kontrol	8.07±0.17	1.1±0.05	2.58±0.05	0.66±0.10
		150	7.84±0.11	1.0±0.00	2.66±0.03	0.77±0.08
		150/50	7.98±0.05	1.0±0.00	2.52±0.15	0.76±0.01
		300	7.81±0.02	1.1±0.05	2.61±0.02	0.78±0.07
		300/50	8.08±0.20	1.0±0.00	2.54±0.08	0.77±0.01
	2.0	Kontrol	8.15±0.21	2.0±0.00	2.38±0.04	0.75±0.01
		150	8.04±0.01	2.0±0.00	2.37±0.02	0.76±0.12
		150/50	8.12±0.15	2.1±0.05	2.42±0.07	0.81±0.01
		300	8.05±0.34	2.1±0.05	2.41±0.10	0.78±0.02
		300/50	7.97±0.13	2.0±0.00	2.36±0.03	0.76±0.05
95°C'de 256 saniye	0.1	Kontrol	7.94±0.09	0.1±0.00	2.88±0.12	0.85±0.01
		150	7.83±0.48	0.1±0.00	2.91±0.05	0.74±0.01
		150/50	7.90±0.14	0.1±0.00	2.95±0.02	0.74±0.08
		300	7.85±0.07	0.1±0.00	2.92±0.23	0.81±0.06
		300/50	8.10±0.16	0.1±0.00	2.94±0.09	0.79±0.25
	1.0	Kontrol	7.97±0.25	1.1±0.05	2.61±0.06	0.76±0.07
		150	7.81±0.16	1.0±0.00	2.56±0.03	0.78±0.12
		150/50	8.13±0.06	1.0±0.00	2.63±0.08	0.81±0.09
		300	8.03±0.04	1.1±0.05	2.59±0.16	0.81±0.01
		300/50	8.12±0.28	1.1±0.00	2.58±0.11	0.80±0.09
	2.0	Kontrol	8.01±0.30	2.0±0.00	2.40±0.17	0.77±0.01
		150	7.91±0.01	2.0±0.00	2.31±0.15	0.80±0.08
		150/50	8.12±0.22	2.1±0.05	2.38±0.05	0.75±0.10
		300	8.18±0.09	2.0±0.00	2.37±0.01	0.85±0.19
		300/50	8.11±0.18	2.0±0.05	2.36±0.08	0.78±0.01

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

4.2.2. Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri

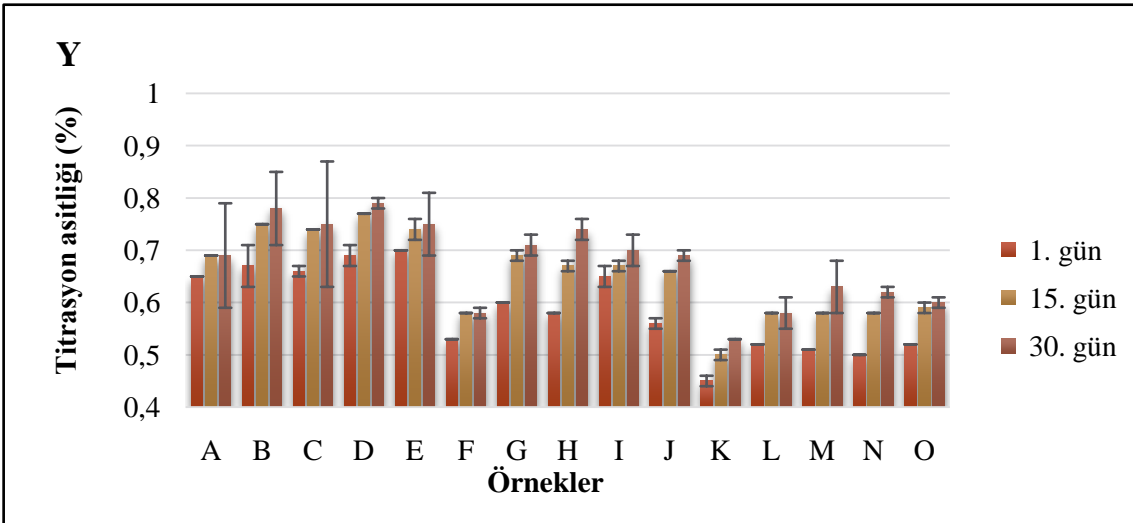
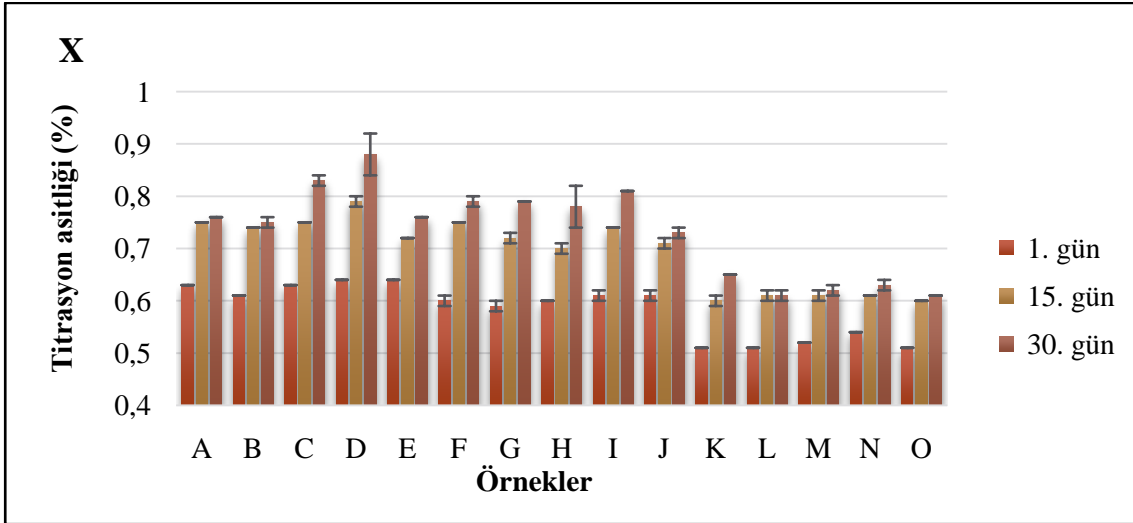
Ayran örneklerinin ortalama titrasyon asitliği değerleri ve bu değerlerin depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.9'da verilmiştir. Yapılan titrasyon asitliği analizi sonucunda ayran örneklerinin depolamanın ilk günü sonunda ortalama titrasyon asitliği değerleri %0.45 ile %0.70, 15. gün sonunda %0.50 ile %0.79, 30. gün sonunda %0.53 ile %0.88 arasında değiştiği belirlenmiştir. 95°C'de 80 saniye ve 95°C'de 256

saniyelik işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4. 9. Ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri (%)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95°C’de 80 saniye	0.1	Kontrol	0.63±0.00	0.75±0.00	0.76±0.00
		150	0.61±0.00	0.74±0.00	0.75±0.01
		150/50	0.63±0.00	0.75±0.00	0.83±0.01
		300	0.64±0.00	0.79±0.01	0.88±0.04
		300/50	0.64±0.00	0.72±0.00	0.76±0.00
	1.0	Kontrol	0.60±0.01	0.75±0.00	0.79±0.01
		150	0.59±0.01	0.72±0.01	0.79±0.00
		150/50	0.60±0.00	0.70±0.01	0.78±0.04
		300	0.61±0.01	0.74±0.00	0.81±0.00
		300/50	0.61±0.01	0.71±0.01	0.73±0.01
	2.0	Kontrol	0.51±0.00	0.60±0.01	0.65±0.00
		150	0.51±0.00	0.61±0.01	0.61±0.01
		150/50	0.52±0.00	0.61±0.01	0.62±0.01
		300	0.54±0.00	0.61±0.00	0.63±0.01
		300/50	0.51±0.00	0.60±0.00	0.61±0.00
95°C’de 256 saniye	0.1	Kontrol	0.65±0.00	0.69±0.00	0.69±0.10
		150	0.67±0.04	0.75±0.00	0.78±0.07
		150/50	0.66±0.01	0.74±0.00	0.75±0.12
		300	0.69±0.02	0.77±0.00	0.79±0.01
		300/50	0.70±0.00	0.74±0.02	0.75±0.06
	1.0	Kontrol	0.53±0.00	0.58±0.00	0.58±0.01
		150	0.60±0.00	0.69±0.01	0.71±0.02
		150/50	0.58±0.00	0.67±0.01	0.74±0.02
		300	0.65±0.02	0.67±0.01	0.70±0.03
		300/50	0.56±0.01	0.66±0.00	0.69±0.01
	2.0	Kontrol	0.45±0.01	0.50±0.01	0.53±0.00
		150	0.52±0.00	0.58±0.00	0.58±0.03
		150/50	0.51±0.00	0.58±0.00	0.63±0.05
		300	0.50±0.00	0.58±0.00	0.62±0.01
		300/50	0.52±0.00	0.59±0.01	0.60±0.01

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1 oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.1. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değeri

Ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (ısıtıl işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama süresi) örneklerin titrasyon asitliği değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	S. D	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	0.04639758	46.48***
Yağ oranı (Y)	2	0.36548865	366.12***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	0.01226665	12.29***
Depolama zamanı (D)	2	0.22557240	225.96***
N x Y	2	0.00821018	8.22
N x H	4	0.01283392	12.86***
N x D	2	0.01474127	14.77***
Y x H	8	0.00410867	1.94
Y x D	4	0.00193169	4.12
H x D	8	0.00102147	1.02
N x Y x H	8	0.00223257	2.24
N x Y x D	4	0.00308292	3.09
Y x H x D	16	0.00123312	1.24
N x H x D	8	0.00144872	1.45
N x Y x H x D	16	0.00098851	0.99
Hata	90	0.00099827	

*** $P < 0.001$ düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 95°C ’de 80 saniye ısıtıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri, 95°C ’de 256 saniye ısıtıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun yanı sıra yağ oranı arttıkça ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ayran örneklerinde yağ oranı azaldıkça protein ve laktoz oranı artmaktadır. Ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri arasındaki farklılığın, süt proteinlerinin asidik karakterinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Süte uygulanan homojenizasyon basıncının ayranın titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, homojenize edilmeyen sütlerden üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri diğer örneklere göre düşük bulunmuş, en yüksek titrasyon asitliği değeri tek kademedeki 300 bar basınçta homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiş ve diğer basınçlarda homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri arasında ise önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) saptanmıştır. Depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	Titrasyon asitliği değerleri (%)**
95 C'de 80 saniye	0.66±0.08 a
95 C'de 256 saniye	0.63±0.09 b
Yağ oranı	
%0.1	0.72±0.06 a
%1.0	0.67±0.07 b
%2.0	0.56±0.05 c
Homojenizasyon basıncı (bar)	
Kontrol*	0.62±0.09 c
150	0.66±0.08 b
150/50	0.66±0.09 b
300	0.67±0.09 a
300/50	0.65±0.07 b
Depolama zamanı	
1. gün	0.58±0.06 c
15. gün	0.67±0.07 b
30. gün	0.70±0.08 a

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada tam yağlı ayran ve tam yağlı probiyotik ayranın titrasyon asitliği değerleri sırayla %0.65 ve %0.63 iken, yağsız ayran ve yağsız probiyotik ayranın titrasyon asitliği değerleri sırayla %0.86 ve %0.83 olarak bulunmuştur (Kök Taş 2005). Yağsız ayranın kalite ve reolojik özellikleri üzerine yağ ikame maddelerinin etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada 4°C'de bir gün depolanan tam yağlı ayran örneğinin titrasyon asitliği değeri %0.73, yarım yağlı ayran örneğinin titrasyon asitliği değeri %0.74 ve yağsız ayran örneğinin titrasyon asitliği değeri %0.75 olarak bulunmuştur (Bayraktaroğlu 2008). Farklı yağ oranlarının ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiş olan bu iki çalışmada elde edilen bulgular ile çalışmamızda elde edilen bulgular benzerlik göstermiştir.

Süte farklı ısıl işlem uygulamalarının (75°C, 85°C ve 95°C'de 5'er dakika) ayran kalitesine etkisinin belirlenmek amacıyla yapılan bir çalışmada titrasyon asitliği değerleri 36.3°SH (titrasyon asitliği cinsinden %0.82) ile 41.6 °SH (titrasyon asitliği cinsinden %0.93) arasında tespit edilmiştir (Tamuçay Özünlü 2005). Isıl işlemin titrasyon asitliği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edildiği bu çalışma ile çalışmamızda elde edilen bulgular farklılık göstermektedir. Söz konusu bu farklılığın ısıl işlem ve homojenizasyon uygulamalarındaki, ayran üretiminde kullanılan sütün bileşimindeki ve ayran üretim yöntemindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı yöntemler kullanılarak üretilen probiyotikayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu ve probiyotik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada 30 günlük depolama süresince üç farklı zamanda titrasyon asitliği analizi yapılmıştır. Ayran örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği değerleri 1. gün sonunda %0.80-0.95, 15. gün sonunda %0.93-1.10 ve 30. gün sonunda %0.95-1.16 arasında değişmiştir (Zengin 2011). Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özelliklerinin incelendiği bir başka çalışmada üç farklı starter kültür ile üretilen ayranların 21 günlük depolama süresince titrasyon asitliği değerleri ölçülmüştür. Örneklerde en düşük titrasyon asitliği değeri % 0.49 ve en yüksek titrasyon asitliği değeri % 0.73 olarak tespit edilmiştir (Polat 2009). Yapılan iki farklı çalışmada da depolama süresi boyunca ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin arttığı saptanmıştır. Zengin (2011)'in çalışmasında tespit etmiş olduğu probiyotik ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri, çalışmamızda elde edilen ayran örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinden yüksektir. Söz konusu farklılığın kullanılan starter kültür ve ayran üretim yöntemindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte Polat (2009)'ın yapmış olduğu çalışmada elde edilen bulgular ile çalışmamızda elde edilen bulgular benzerlik göstermiştir.

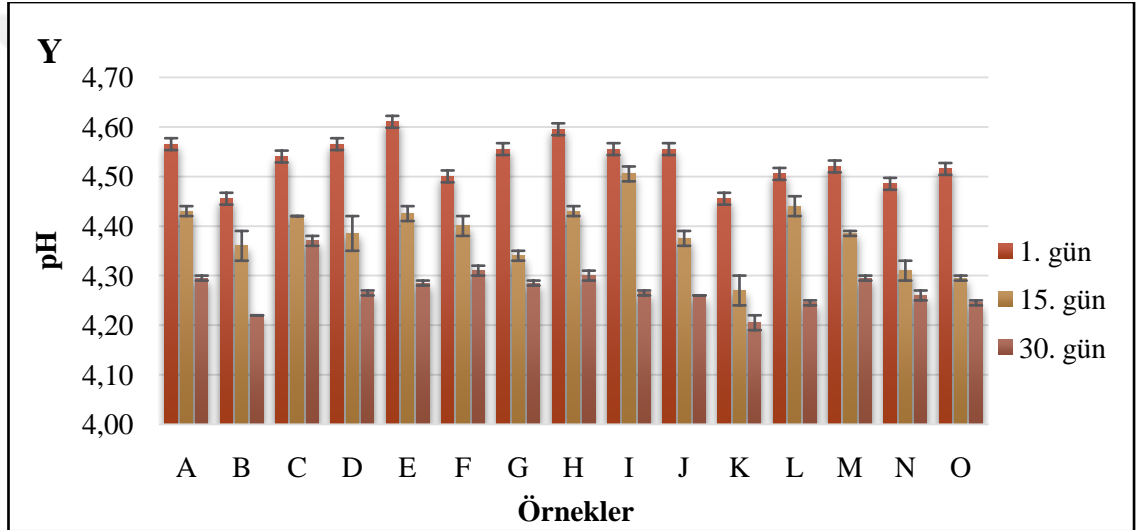
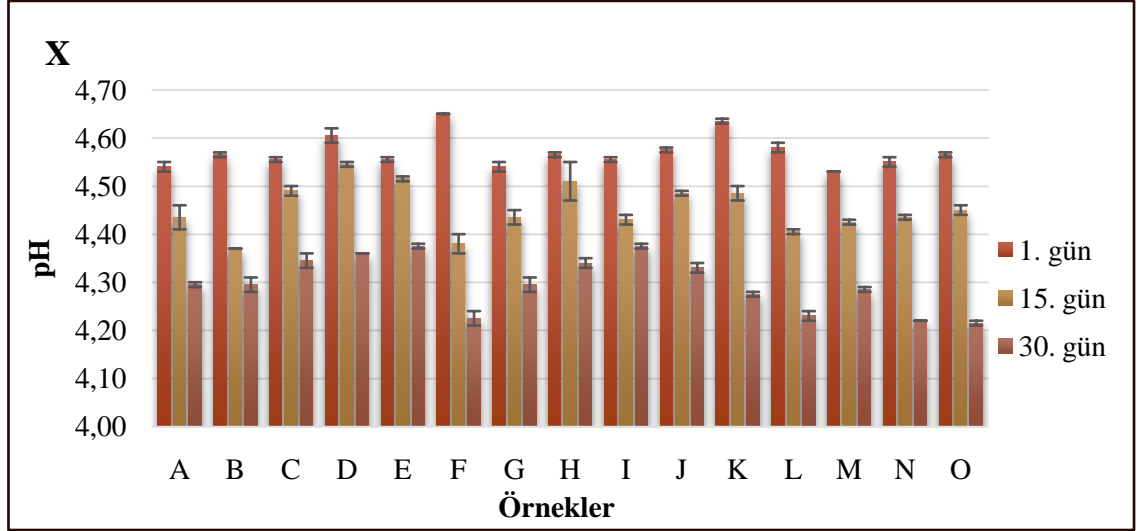
4.2.3. Ayran örneklerine ait pH değerleri

Ayran örneklerinin ortalama pH değerleri ve bu değerlerin depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere 30 günlük depolama süresince üç farklı zamanda yapılan pH analizlerinde ayran örneklerinde belirlenen değerlerin 1. gün sonunda 4.46 ile 4.65, 15. gün sonunda 4.27 ile 4.55 ve 30. gün sonunda 4.21 ile 4.38 arasında değiştiği belirlenmiştir. 95°C'de 80 saniyeye ve 95°C'de 256 saniyeye ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.12. Ayran örneklerine ait pH değerleri

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95°C' de 80 saniye	0.1	Kontrol	4.54±0.01	4.44±0.02	4.30±0.00
		150	4.57±0.01	4.37±0.00	4.30±0.01
		150/50	4.56±0.00	4.49±0.01	4.35±0.02
		300	4.61±0.02	4.55±0.00	4.36±0.00
		300/50	4.56±0.00	4.52±0.00	4.38±0.00
	1.0	Kontrol	4.65±0.00	4.38±0.02	4.23±0.02
		150	4.54±0.01	4.44±0.02	4.30±0.01
		150/50	4.57±0.01	4.51±0.04	4.34±0.01
		300	4.56±0.00	4.43±0.01	4.38±0.00
		300/50	4.58±0.00	4.49±0.00	4.33±0.01
	2.0	Kontrol	4.64±0.00	4.49±0.02	4.28±0.01
		150	4.58±0.01	4.41±0.00	4.23±0.01
		150/50	4.53±0.00	4.43±0.00	4.29±0.00
		300	4.55±0.01	4.44±0.01	4.22±0.02
		300/50	4.57±0.01	4.45±0.01	4.22±0.05
95°C' de 256 saniye	0.1	Kontrol	4.57±0.01	4.43±0.01	4.30±0.00
		150	4.46±0.00	4.36±0.03	4.22±0.00
		150/50	4.54±0.00	4.42±0.00	4.37±0.01
		300	4.57±0.01	4.39±0.04	4.27±0.00
		300/50	4.61±0.01	4.43±0.02	4.29±0.00
	1.0	Kontrol	4.50±0.00	4.40±0.02	4.31±0.01
		150	4.56±0.01	4.34±0.01	4.29±0.00
		150/50	4.60±0.01	4.43±0.01	4.30±0.01
		300	4.56±0.00	4.51±0.01	4.27±0.00
		300/50	4.56±0.00	4.38±0.01	4.26±0.00
	2.0	Kontrol	4.46±0.04	4.27±0.03	4.21±0.01
		150	4.51±0.00	4.44±0.02	4.25±0.00
		150/50	4.52±0.01	4.39±0.00	4.30±0.00
		300	4.49±0.02	4.31±0.02	4.26±0.01
		300/50	4.52±0.02	4.30±0.00	4.25±0.00

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1 oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.2. 95°C'de 80 saniye (X) ve 95°C'de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama pH değerleri

Ayran örneklerinin pH değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (ısıtıl işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama süresi) örneklerin pH değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	S. D	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	0.08450000	278.83***
Yağ oranı (Y)	2	0.03488292	115.10***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	0.01027743	33.91***
Depolama zamanı (D)	2	1.06534500	3515.35***
N x Y	2	0.00280292	9.25
N x H	4	0.00238437	7.87***
N x D	2	0.00811500	26.78***
Y x H	8	0.00603795	19.92***
Y x D	4	0.00211917	6.99***
H x D	8	0.00193285	6.38***
N x Y x H	8	0.00715240	23.60***
N x Y x D	4	0.00512917	16.92***
Y x H x D	16	0.00120024	3.96***
N x H x D	8	0.00439104	14.49***
N x Y x H x D	16	0.00482031	15.91***
Hata	90	0.00030306	

*** $P < 0.001$ düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait pH değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 95°C 'de 80 saniye ısıtıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin pH değerleri, 95°C 'de 256 saniye ısıtıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin pH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Farklı yağ oranlarının, ayran örneklerinin pH değerleri üzerine etkisi incelendiğinde %0.1 oranında yağ içeren ayran örneklerinin pH değerleri ile %1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin pH değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) saptanmıştır. %0.1 ve %1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin pH değerleri, %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin pH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Süte uygulanan homojenizasyon basıncının ayranın pH değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinin pH değerleri diğer örneklere göre düşük bulunmuş, en yüksek pH değeri ilk kademede 150 bar basınçta ve ikinci kademede 50 basınçta homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinin pH değerlerinin düştüğü saptanmıştır. Söz konusu düşüşün sebebinin ayran örneklerinde bulunan bakterilerin depolama süresince devam eden faaliyeti olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.14. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	pH**
95 °C'de 80 saniye	4.44±0.12 a
95 °C'de 256 saniye	4.40±0.11 b
Yağ oranı	
%0.1	4.43±0.11 a
%1.0	4.43±0.12 a
%2.0	4.39±0.13 b
Homojenizasyon basıncı (bar)	
Kontrol	4.41±0.13 c
150	4.39±0.12 d
150/50	4.44±0.10 a
300	4.43±0.12 b
300/50	4.42±0.12 b
Depolama zamanı	
1. gün	4.55±0.04 a
15. gün	4.42±0.07 b
30. gün	4.28±0.02 c

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; üç farklı starter kültür ile üretilen, inkübasyon sonlandırma pH'sı 4.5 olan ayran örneklerinin 21 günlük depolama süresince pH değerleri ölçülmüştür. Depolama süresince ayran örneklerinin pH değerleri düşmüştür. En yüksek pH değeri depolamanın 1. gününde 4.64, en düşük pH değeri depolamanın 21. gününde 3.83 olarak tespit edilmiştir (Polat 2009).

İnsan orjinli probiyotik bakteriler kullanarak probiyotik ayran üretiminin araştırıldığı bir çalışmada; inkübasyon sonlandırma pH'sı 4.5-4.6 olan örneklerin pH değerinin bir günlük depolama sonunda 4.45, depolamanın 21. gününde ise 3.59 olduğu belirlenmiştir (Kuş 2010).

Farklı yöntemler kullanılarak üretilen probiyotik ayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu ve probiyotik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada 30 günlük depolama süresince üç farklı zamanda pH ölçümü yapılmıştır. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerinin 1. gün sonunda 4.20 ile 4.25, 15. gün sonunda 4.10 ile 4.16 ve 30. gün sonunda 4.02 ile 4.07 arasında değiştiği belirlenmiştir (Zengin 2011).

Çalışmamızda elde edilen pH değerleri yapılan diğer çalışmalarla genel olarak benzerlik göstermekle birlikte, ortaya çıkan bazı uyumsuzlukların hammadde, starter kültür ve üretim yöntemi farklılıklarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

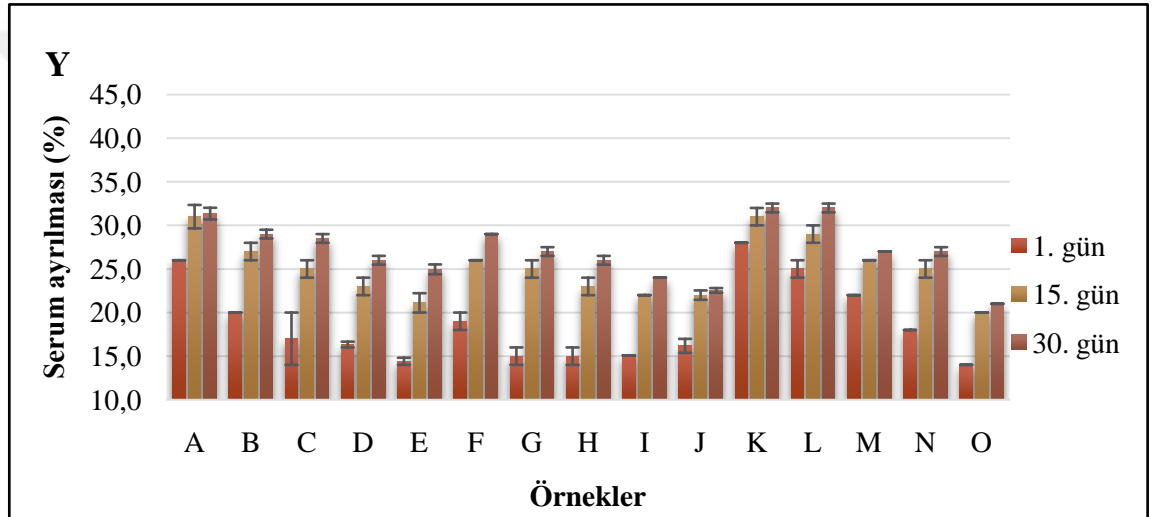
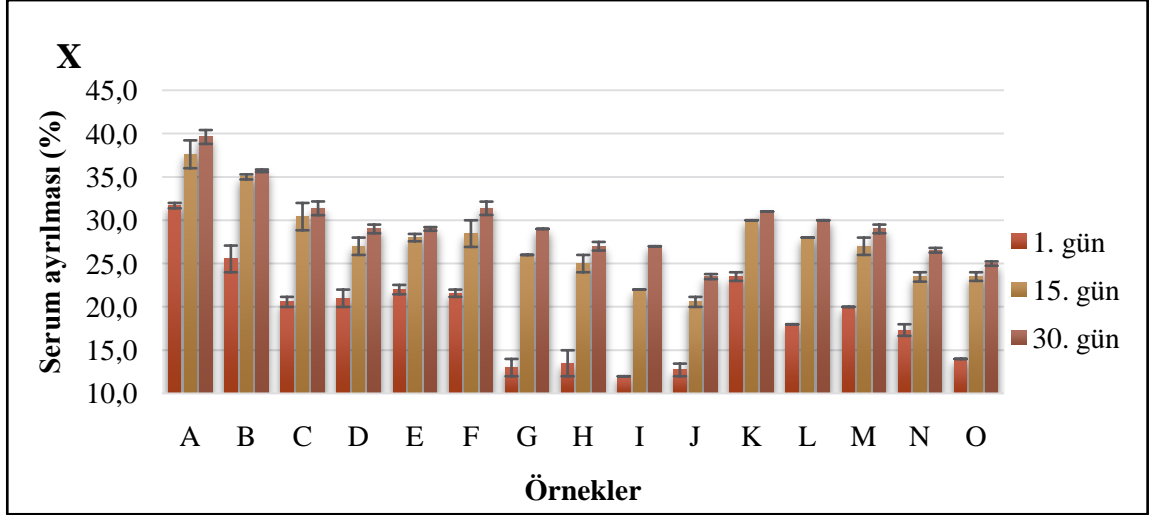
4.2.4. Ayran örneklerine ait serum ayrılması değerleri

Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen serum ayrılması değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir. Örneklere ait ortalama serum ayrılması değerleri depolamanın ilk gününde %12.0 ile %31.6, 15. gününde %20.0 ile %37.6 ve depolamanın 30. gününde ise %21.0 ile %39.6 arasında değişmiştir. Ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.3’de görülmektedir.

Çizelge 4.15. Ayran örneklerinin ortalama serum ayrılması değerleri (%)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95 °C’de 80 saniye	0.1	Kontrol	31.6±0.3	37.6±1.6	39.6±0.8
		150	25.5±1.5	35.7±0.3	35.7±0.1
		150/50	20.6±0.6	30.4±1.6	31.4±0.8
		300	21.0±1.0	27.0±1.0	29.0±0.5
		300/50	22.0±0.5	28.4±0.4	29.0±0.2
	1.0	Kontrol	21.6±0.4	28.4±1.5	31.4±0.7
		150	13.0±1.0	26.0±0.0	29.0±0.0
		150/50	13.5±1.5	25.0±1.0	27.0±0.5
		300	12.0±0.0	22.0±0.0	27.0±0.0
		300/50	12.7±0.7	20.6±0.6	23.5±0.2
	2.0	Kontrol	23.5±0.5	30.0±0.0	31.0±0.0
		150	18.0±0.0	28.0±0.0	30.0±0.0
		150/50	20.0±0.0	27.0±1.0	29.0±0.5
		300	17.3±0.7	23.5±0.5	26.5±0.2
		300/50	14.0±0.0	23.5±0.5	25.0±0.2
95 °C’de 256 saniye	0.1	Kontrol	26.0±0.0	31.0±1.3	31.3±0.6
		150	20.0±0.0	27.0±1.0	29.0±0.5
		150/50	17.0±3.0	25.0±1.0	28.5±0.5
		300	16.3±0.3	23.0±1.0	26.0±0.5
		300/50	14.4±0.4	21.1±1.1	24.9±0.5
	1.0	Kontrol	19.0±1.0	26.0±0.0	29.0±0.0
		150	15.0±1.0	25.0±1.0	27.0±0.5
		150/50	15.0±1.0	23.0±1.0	26.0±0.5
		300	15.1±0.0	22.0±0.0	24.0±0.0
		300/50	16.2±0.8	22.5±0.5	22.5±0.2
	2.0	Kontrol	28.0±0.0	31.0±1.0	32.0±0.5
		150	25.0±1.0	29.0±1.0	32.0±0.5
		150/50	22.0±0.0	26.0±0.0	27.0±0.0
		300	18.0±0.0	25.0±1.0	27.0±0.5
		300/50	14.0±0.0	20.0±0.0	21.0±0.0

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.3. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneğine ait ortalama serum ayrılması değeri (%)

Ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından ısıl işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanının ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerlerine (%) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	S. D	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	51.911683	35.62***
Yağ oranı (Y)	2	236.956380	162.59***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	313.878190	215.37***
Depolama zamanı (D)	2	1478.571381	1014.53***
N x Y	2	74.645923	51.22***
N x H	4	11.645244	7.99***
N x D	2	20.290002	13.9***
Y x H	8	17.025795	11.68***
Y x D	4	15.505373	10.64***
H x D	8	5.017566	3.44
N x Y x H	8	11.260176	7.73***
N x Y x D	4	7.021186	4.82
Y x H x D	16	2.564049	1.76
N x H x D	8	0.888759	0.61
N x Y x H x D	16	3.807806	2.61
Hata	90	1.457402	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 95°C’de 80 saniye ısıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri, 95°C’de 256 saniye ısıl işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinden yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde farklı ısıl işlem nomları, farklı sonlandırma pH’sı ve depolama süresinin pıhtısı parçalanmış yoğurdun bazı özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 95°C’de 80 saniye ve 256 saniye ısıl işleme tabi tutulan örneklerin su tutma kapasitesi sırasıyla %77.5 ve %76.3 olarak ölçülmüştür. Söz konusu çalışmada ısıl işlem süresi uzadıkça denatüre serum proteini oranının artmasına bağlı olarak ayranın su tutma kapasitesinin arttığı belirtilmiştir (Küçükçetin 2008).

Farklı basınç ve kademede homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinde sütlere uygulanan homojenizasyon basıncı ve kademesi arttıkça serum ayrılması değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlemi ile stabil hale getirilen yağ globüllerinin ayranın jel yapısına dahil olduğu ve böylelikle ayranın jel yapısının ortalama yoğunluğunu düşürerek jelin çökmesini engellediği yada yavaşlattığı düşünülmektedir (Şekil 4.4). Ayrıca Tunçtürk vd (2000) yaptıkları bir çalışmada süte uygulanan homojenizasyon basıncı arttıkça jelin su tutma kapasitesinin arttığını tespit

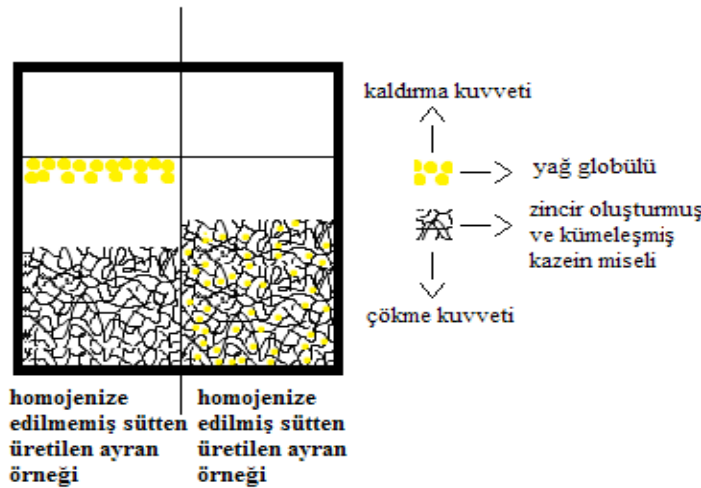
etmişlerdir. Jelin su tutma kapasitesinin artmasına bağlı olarak yapıdan ayrılan serum miktarının azaldığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.17. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (%) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	Serum ayrılması (%) *
95 °C'de 80 saniye	24.7±5.9 a
95 °C'de 256 saniye	23.7±5.2 b
Yağ oranı	
%0.1	25.8±5.3 a
%1.0	22.0±5.6 c
%2.0	24.7±5.1 b
Homojenizasyon basıncı (bar)	
Kontrol**	28.7±4.4 a
150	25.2±5.5 b
150/50	23.6±5.0 c
300	22.7±4.8 d
300/50	20.8±4.7 e
Depolama zamanı	
1. gün	18.6±4.4 c
15. gün	26.0±3.7 b
30. gün	28.0±5.00a

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

**Homojenize edilmeyen örnek.



Şekil 4.4. Homojenize edilmeyen ve homojenize edilen süttten üretilen ayran örneğinin şekilsel gösterimi

Ayran jel yapısı içinde bağlanan yağ globüllerinin, jel yapının çökmesini engelleyerek serum ayrılmasını önlediği düşünülmektedir. %1.0 ve %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin %0.1 yağ içeren ayran örneklerine göre düşük olduğu tespit edilmiştir. %1.0 oranında yağ içeren ayran

örneklerinin serum ayrılması değerlerinin %2.0 yağ içeren ayran örneklerine göre düşük olması, ayran üretiminde kullanılan sütün yağ/protein oranına bağlanmıştır. Depolama süresince ayran jelinin dibe çökmesiyle örneklerin serum ayrılması değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Süte farklı ısıl işlem normları (75°C’de, 85°C’de ve 95°C’de 5’er dakika) uygulanarak üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin araştırıldığı bir çalışmada süte uygulanan ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Süte uygulanan farklı homojenizasyon basınçlarının (150, 200 ve 250 kg/cm²) ve depolama süresinin ayranın serum ayrılması değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı aynı çalışmada depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde 150 kg/cm² homojenizasyon basıncı uygulanan örnekte en fazla serum ayrılması (depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde sırasıyla %3.0, %13.8 ve %18.3) tespit edilirken, bunun aksine 250 kg/cm² basınçta homojenize edilmiş sütte en düşük serum ayrılması değerleri (depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde sırasıyla %2.5, %12.5 ve %15.8) saptanmıştır. Sonuç olarak homojenizasyon basıncına paralel olarak örneklerin serum ayrılması değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Tamuçay Özünü 2005). Söz konusu bu çalışmada elde edilen bulgular araştırmamızda elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.2.5. Ayran örneklerine ait görünür viskozite değerleri

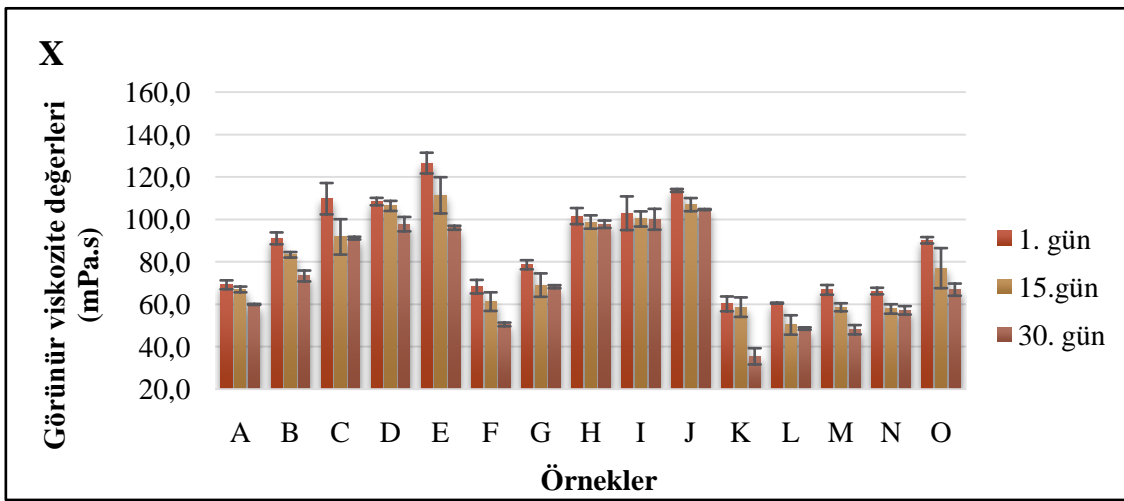
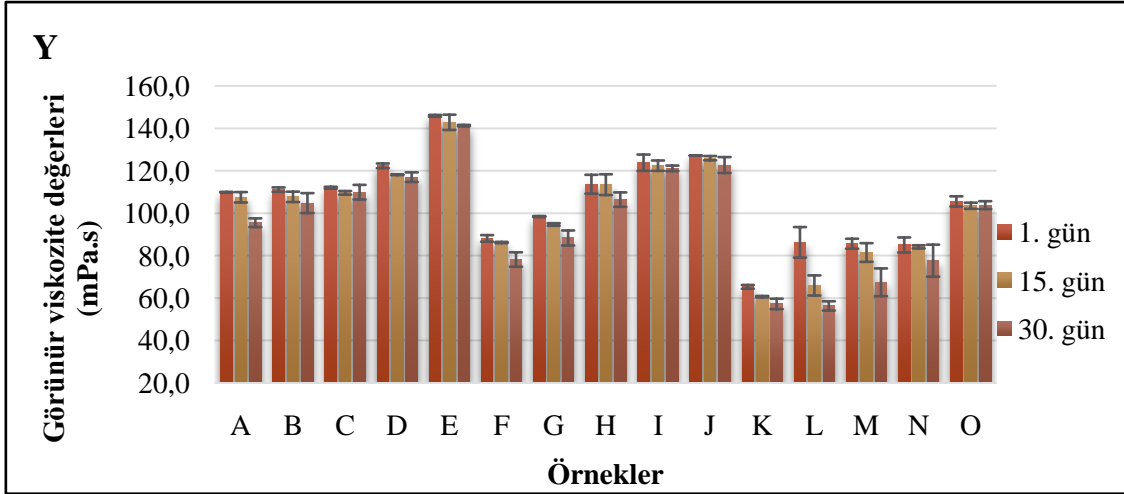
Sıvıların, molekülleri bir arada tutan etkileşim kuvvetleri ile akışkanın akmaya zorlayan dış kuvvetlere karşı gösterdiği dirence viskozite denir. Etkileşim kuvvetleri ne kadar kuvvetli olursa sıvının viskozitesi de o kadar yüksektir (Peker vd 2003). Çalışmamızda uygulanan ısıl işlem normları, farklı homojenizasyon basınçları ve farklı yağ oranları ile söz konusu etkileşim kuvvetleri, dolayısıyla viskozitedeki değişim tespit edilmeye çalışılmıştır.

Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri Çizelge 18’de sunulmuştur. Örneklere ait görünür viskozite değerlerinin depolamanın ilk gününde 60.2 ile 146.0 mPa.s, 15. gününde 50.3 ile 142.9 mPa.s ve depolamanın 30. gününde ise 35.5 ile 141.4 mPa.s arasında değiştiği tespit edilmiştir. 95 °C’de 80 saniye ve 95 °C’de 256 saniye ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s) kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.5’de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95 °C'de 80 saniye	0.1	Kontrol	69.2±2.1	67.0±1.4	59.9±0.2
		150	91.1±2.8	83.5±1.3	73.3±2.5
		150/50	109.8±7.4	91.8±8.3	91.2±0.6
		300	108.5±1.7	106.4±2.3	97.8±3.4
		300/50	126.6±4.9	111.4±8.5	96.1±0.9
	1.0	Kontrol	68.3±3.2	61.2±4.4	50.5±0.8
		150	78.6±2.1	69.0±5.5	68.3±0.7
		150/50	101.6±3.8	98.8±3.1	97.7±1.7
		300	102.9±7.9	100.2±3.5	100.1±4.9
		300/50	113.7±0.7	107.0±3.1	104.7±0.2
	2.0	Kontrol	60.2±3.5	58.6±4.6	35.5±3.8
		150	60.5±0.2	50.3±4.5	48.5±0.5
		150/50	66.8±2.3	58.6±1.9	48.0±2.2
		300	66.2±1.5	57.8±2.2	57.1±2.0
		300/50	90.2±1.5	77.1±9.4	66.9±2.8
95 °C'de 256 saniye	0.1	Kontrol	109.9±0.2	107.5±2.4	95.5±2.0
		150	111.1±1.1	107.7±2.4	104.8±4.7
		150/50	112.0±0.4	109.6±0.8	109.9±3.4
		300	122.4±1.1	118.2±0.2	117.0±2.2
		300/50	146.0±0.4	142.9±3.6	141.4±0.3
	1.0	Kontrol	86.2±0.3	88.1±1.5	78.2±3.4
		150	98.5±0.2	94.7±0.6	88.3±3.5
		150/50	113.7±4.4	113.5±4.9	106.4±3.4
		300	123.8±3.8	122.4±2.4	121.2±1.3
		300/50	127.2±0.0	126.0±1.0	122.7±3.7
	2.0	Kontrol	65.3±0.9	60.6±0.3	57.2±2.4
		150	86.3±7.2	65.9±4.7	56.3±2.2
		150/50	85.6±2.3	81.5±4.4	67.4±6.5
		300	85.0±3.5	84.1±0.7	77.6±7.5
		300/50	105.6±2.4	103.5±1.4	103.8±1.8

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.5. 95°C'de 80 saniye (X) ve 95°C'de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)

Ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (ısıl işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanı) örneklerin görünür viskozite değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerlerine (mPa.s) ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	S. D	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	18729.64808	986.53***
Yağ oranı (Y)	2	21455.91907	1130.13***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	9488.58322	499.79***
Depolama zamanı (D)	2	1765.01870	92.97***
N x Y	2	101.33978	5.34
N x H	4	250.69139	13.20***
N x D	2	81.55208	4.30
Y x H	8	321.27882	16.92***
Y x D	4	83.82659	4.42
H x D	8	66.43274	3.50
N x Y x H	8	196.56342	10.35***
N x Y x D	4	5.80343	0.31
Y x H x D	16	19.90167	1.05
N x H x D	8	38.81218	2.04
N x Y x H x D	16	42.99461	2.26
Hata	90	18.9853	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 95°C'de 256 saniye ısıl işleme tutularak üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin, 95°C'de 80 saniye ısıl işleme tabi tutulan ayran örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Küçükçetin (2008) ısıl işlem nomlarının, sonlandırma pH'sının ve depolama süresinin pıhtısı parçalanmış yoğurdun bazı özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Yapılan bu çalışmada 95 °C'de 80 saniye ve 95 °C'de 256 saniye ısıl işleme tabi tutulan yoğurt örneklerinin G' değerleri sırasıyla 132.3 ve 166.8 Pa olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama görünür viskozite değerlerine (mPa.s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	Görünür viskozite değerleri (mPa.s)**
95 °C'de 80 saniye	80.7±22.9 b
95 °C'de 256 saniye	101.1±22.6 a
Yağ oranı	
%0.1	105.4±20.4a
%1.0	97.8±20.7 b
%2.0	69.5±17.5 c
Homojenizasyon basıncı (bar)	
Kontrol*	70.5±21.5 e
150	80.1±22.1 d
150/50	92.0±19.4 c
300	99.9±19.2 b
300/50	111.9±19.5 a
Depolama zamanı	
1. gün	96.3±22.5 a
15. gün	90.9±24.6 b
30. gün	85.4±18.3 c

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

Farklı oranda yağ içeren ayran örneklerinde yağ miktarı arttıkça ayran örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte ayran örneklerinde yağ oranının azalmasına bağlı olarak interaksiyon yeteneği daha fazla olan protein miktarının artması ile daha kuvvetli moleküler etkileşimin sağlanmış olmasının viskoziteyi arttırdığı düşünülmektedir.

Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada iki farklı süt (tam yağlı süt ve yağsız rekonstitüye süt) ve iki farklı starter kültür (yoğurt kültürü ve *L.acidophilus*, *B. bifidus* ve yoğurt kültürü karışımı) kullanılarak %7-8 oranında kurumadde içeren dört farklı ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Tam yağlı süttten üretilen ayran örneklerinin % 1.9-2.0 oranında yağ, %1.5-2.0 oranında protein ve rekonstitüye süttten üretilen ayran örneklerinin %0.0 oranında yağ ve %2.0-2.5 oranında protein içerdiği tespit edilmiştir. Tam yağlı süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın görünür viskozite değerleri sırasıyla 25.93 mPas ve 25.99 mPas olarak, yağsız rekonstitüye süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın görünür viskozite değerleri sırasıyla 39.77 mPas ve 34.01 mPas olarak tespit edilmiştir (Köktaş 2005). Söz konusu bu çalışmada olduğu gibi araştırmamızda da yağ oranı arttıkça protein içeriğinin düşmesine bağlı olarak viskozitenin azalması benzerlik göstermektedir.

Farklı homojenizasyon basıncı, farklı kurumadde ve farklı yağ miktarının yoğurdun viskozite değerleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada yağ miktarının yoğurdun viskozite değeri üzerine etkisinin olmadığı; ancak homojenizasyon basıncının ve kurumadde miktarının etkili olduğu tespit edilmiştir (Lanciotti vd 2004).

Yapmış olduğumuz araştırmada süte uygulanan homojenizasyon basıncı ile homojenizasyon kademesi arttıkça ayran örneklerine ait görünür viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kontrol örneklerinin görünür viskozite değerleri homojenize edilen süttten üretilen ayran örneklerine göre düşük bulunmuştur. Ciron (2010)'un yaptığı bir çalışmada homojenizasyon basıncı arttıkça süt içerisindeki partikül sayısının (yağ globülü, kazein miseli) ve denatüre serum proteini miktarının artmasına bağlı olarak yağ globülü, kazein miseli ve denatüre serum proteini arasındaki interaksiyon yeteneğindeki artışın, yoğurdun viskozitesini arttırdığı tespit edilmiştir.

Homojenize edilmemiş ve 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/cm² basınçta homojenize edilmiş sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinin araştırıldığı bir çalışma ile homojenize edilmemiş ve 60°C'de 5, 10, 15 ve 20 MPa basınçlardahomojenize edilmiş sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinin araştırıldığı bir başka çalışmada homojenizasyon basıncı arttıkça yoğurtta viskozite değerinin arttığı tespit edilmiştir (Atamer vd 1992, Tunçtürk vd 2000).

Farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerle yapılan ayranlarınfizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmadafarklıhomojenizasyon basınçlarına(150, 200 ve 250 kg/cm²) tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinde depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde viskozite ölçümü yapılmıştır. 150, 200 ve 250 kg/cm²basınçlarda homojenize edilen sütlerden üretilen ayranların depolamanın 1.gününde viskozite değerleri sırasıyla 65, 123 ve 147 cP, 7. gününde 54, 123 ve 175 cP ve 14. gününde 57,138 ve 171 cP olarak saptanmıştır (Tamuçay Özünü 2005).

Kiani vd. (2008) süte uygulanan homojenizasyon basıncının Doogh'un (İran'da üretilen içilebilir yoğurt) reolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada 100, 150, 200, 250 ve 300 bar basınçta homojenize edilen sütlerden üretilen örneklerin viskozite değerleri sırasıyla 1.79, 1.72, 1.96, 1.80 ve 1.64 cP olarak bulunmuştur. 200 bar'a kadar homojenizasyon basıncı arttıkça viskozite değerinin lineer olarak arttığı, daha yüksek homojenizasyon basınçlarında ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresince örneklerin görünür viskozite değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Ayran örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, depolama süresince ayran örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bazı araştırmacılar viskozite değerindeki düşüşün depolama süresince gerçekleşen proteolizden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Hanif vd 2012, Aryana 2006, Afonso 1999).

Farklı oranlarda lutein kullanımının çilekli yoğurdun bazı özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, depolanan örneklerin 0., 1., 3. ve 5. haftasında yapılan viskozite analizinde depolama süresince viskozite değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir (Aryana 2006).

Yağsız ayranın kalite ve reolojik özellikleri üzerine yağ ikame maddelerinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada inkübasyondan önce sütün sulandırılması ile üretilen ayran örneklerinde depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde yapılan viskozite analizi sonucunda depolama süresince örneklerin görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte aynı çalışmada yoğurdun sulandırılması ile üretilen ayran

örneklerinde depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde yapılan viskozite analizi sonucunda depolama süresince örneklerin görünür viskozite değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Bayraktaroğlu 2008).

Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada üç farklı starter kültür ile üretilen ayranların 21 günlük depolama süresi boyunca viskozite değerleri ölçülmüştür. Ayran örneklerinde 21 gün süresince her gün yapılan viskozite analizi sonucunda viskozite değerlerinin depolama süresince azaldığı saptanmıştır (Polat 2009).

Çalışmamızda olduğu gibi yukarıda belirtilen araştırmaların çoğunda homojenizasyon basıncı ve ısı işlem süresi arttıkça örneklerin görünür viskozite değerlerinin arttığı, depolama süresi uzadıkça örneklerin görünür viskozite değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

4.2.6. Ayran örneklerine ait reolojik analiz sonuçları

Reoloji, sıvıların akışkanlığı ve katıların deformasyonu ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Akış maddenin moleküllerini bir arada tutan etkileşim kuvvetleriyle akışkanı akmaya zorlayan dış kuvvetlerin dengesine dayanmaktadır. Hareketsiz duran bir akışkanı akmaya zorlayabilmek için bir kuvvetin sürekli olarak uygulanması gerekmektedir. Akışkan tabakalarını birbiri üzerinden kaydıran deformasyona uğratan birim alana düşen kuvvete kayma gerilimi (τ) denilmektedir. Bir akışkanın aynı doğrultudaki iki sınırına (alt ve üst sınır gibi) etkiyen kayma gerilimi eşit değilse, yani iki sınırdaki akışkan farklı hızlarda hareket ediyorsa akışkan hız farkından dolayı şekil değiştirmektedir. Şekil değişikliği uzama(L) olarak değerlendirilirse birim zamanda(t) alınan uzunluk değişiminin (ΔL) ilk uzunluğa(L_0) oranı kayma hızı (γs^{-1}) olarak tanımlanmaktadır(Peker vd 2003).

Ayran örneklerinde yapılan reoloji analizinde kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülerek çıkış ve iniş eğrileri elde edilmiştir. Örneklerin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerleri kullanılarak farklı reolojik modeller (Newton, Üslü Yasa Modeli, Bingham ve Herschel Bulkley) Rheo3000 yazılımı ile karşılaştırılmıştır. Ayran örneklerinin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış ve model için elde edilen regresyon katsayıları 0.83 ile 0.94 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22). Ölçüm sırasında ayran örneklerine uygulanan kayma hızının kayma gerilimi ile doğru orantılı olmayıp, kayma geriliminin $1/n$ 'ci üssüyle orantılı olması, ayran örneklerinin eşik kayma gerilimine sahip olmaması ve diğer modellere göre daha yüksek regresyon katsayılarının elde edilmesinden ötürü ayran örneklerinin üslü yasa modeline uyan akış davranışı ($\tau = K \cdot \gamma^n$) gösterdiği tespit edilmiştir. Kıvam katsayısı (K) kayma gerilimine karşı direnci simgelemektedir. Akış davranış indeksi (viskozite indeksi, n) ise akışkanın kayma gerilimi altında ne kadar kolaylıkla deformasyona uğrayacağını göstermektedir. Newton akışkanlarında akış davranış indeksi 1.0 iken, üslü yasa modeline uyan akışkanlarda akış davranış indeksi 1.0'den küçüktür ve sifra yaklaşması elastik bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir(Peker vd 2003).

Ayran örneklerine üslü yasa modeli uygulanması ile elde edilen regresyon katsayısı, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerleri Çizelge 4.21'de ve Çizelge

4.22’de verilmiştir. Çizelge 4.21 incelendiğinde 95°C’de 80 saniyelik işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait akış davranış indeksi değerlerinin depolamanın ilk gününde 0.26 ile 0.46, 15. gününde 0.22 ile 0.45 ve depolamanın 30. gününde ise 0.21 ile 0.44 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çizelge 4.22 incelendiğinde 95°C’de 256 saniyelik işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait akış davranış indeksi değerlerinin depolamanın ilk gününde 0.25 ile 0.43, 15. gününde 0.24 ile 0.41 ve depolamanın 30. gününde ise 0.19 ile 0.41 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayran örneklerine ait ortalama akış davranış indeksi değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.6’de görülmektedir.

Örneklerin reolojik ölçümlerine ait akış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanması ile elde edilen ortalama kıyım katsayısı değerleri ayran örneklerinin tümünde 1000 mPa.sⁿ olarak tespit edilmiş ve depolama süresince de değişkenlik göstermediği belirlenmiştir.



Çizelge 4.21. 95°C’de 80 saniye ısıtılma tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri

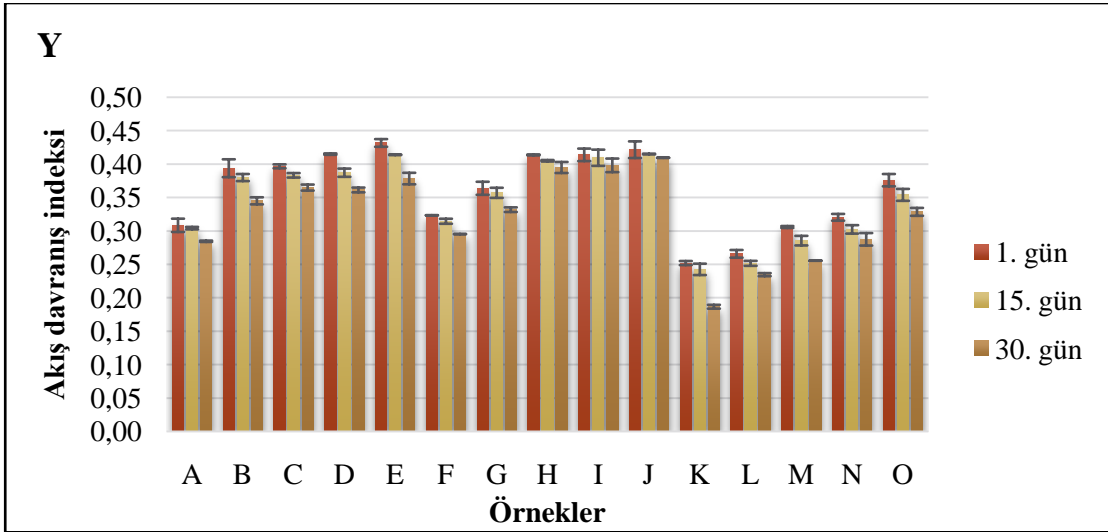
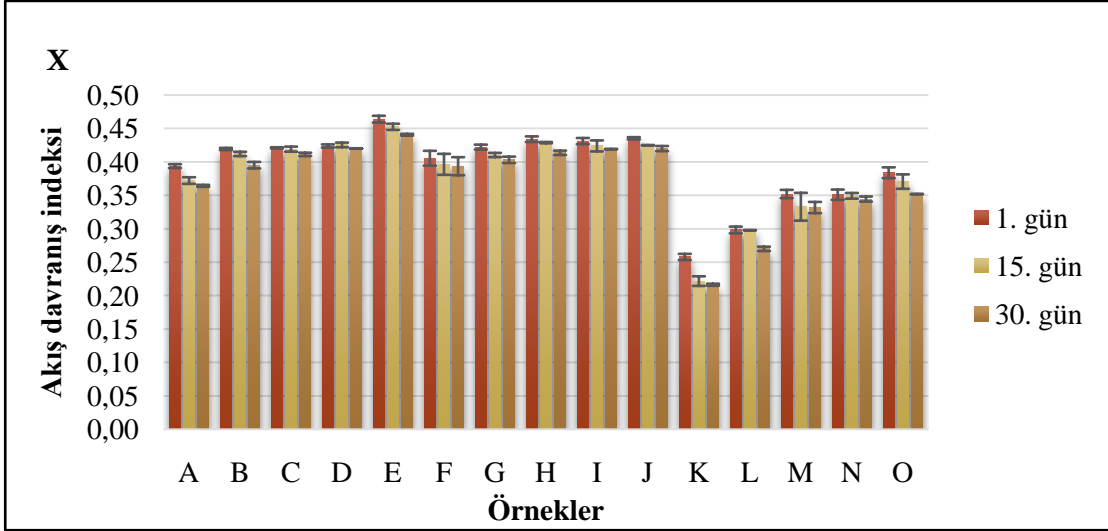
Yağ oranı (%)	Homojenizasyon basıncı	Depolama süresi (Gün)	Kıvam katsayısı (mPa.s ^b)	Akış davranış indeksi	R ²
0.1	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.39±0.00	0.93±0.01
		15	1000.0±0.00	0.37±0.00	0.94±0.00
		30	1000.0±0.00	0.36±0.00	0.94±0.00
0.1	150	1	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.93±0.01
		15	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.93±0.00
		30	1000.0±0.00	0.39±0.00	0.92±0.02
0.1	150/50	1	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.93±0.01
		15	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.91±0.00
		30	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.92±0.00
0.1	300	1	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.91±0.00
		15	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.90±0.00
		30	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.91±0.01
0.1	300/50	1	1000.0±0.00	0.46±0.01	0.93±0.00
		15	1000.0±0.00	0.45±0.00	0.93±0.00
		30	1000.0±0.00	0.44±0.00	0.94±0.00
1.0	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.41±0.01	0.94±0.00
		15	1000.0±0.00	0.40±0.02	0.94±0.00
		30	1000.0±0.00	0.40±0.01	0.94±0.00
1.0	150	1	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.92±0.00
		15	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.93±0.00
		30	1000.0±0.00	0.40±0.00	0.93±0.00
1.0	150/50	1	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.91±0.00
		15	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.92±0.01
		30	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.93±0.01
1.0	300	1	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.91±0.01
		15	1000.0±0.00	0.42±0.01	0.92±0.01
		30	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.92±0.00
1.0	300/50	1	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.90±0.00
		15	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.91±0.01
		30	1000.0±0.00	0.42±0.00	0.91±0.01
2.0	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.26±0.00	0.94±0.00
		15	1000.0±0.00	0.22±0.01	0.94±0.00
		30	1000.0±0.00	0.21±0.00	0.93±0.01
2.0	150	1	1000.0±0.00	0.30±0.01	0.88±0.00
		15	1000.0±0.00	0.30±0.00	0.90±0.01
		30	1000.0±0.00	0.27±0.00	0.91±0.01
2.0	150/50	1	1000.0±0.00	0.35±0.01	0.88±0.00
		15	1000.0±0.00	0.33±0.02	0.86±0.01
		30	1000.0±0.00	0.33±0.01	0.85±0.00
2.0	300	1	1000.0±0.00	0.35±0.01	0.85±0.00
		15	1000.0±0.00	0.35±0.00	0.89±0.00
		30	1000.0±0.00	0.34±0.00	0.89±0.01
2.0	300/50	1	1000.0±0.00	0.38±0.01	0.85±0.01
		15	1000.0±0.00	0.37±0.01	0.84±0.01
		30	1000.0±0.00	0.35±0.00	0.84±0.01

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlkademede 150 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlkademede 300 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Çizelge 4.22. 95°C’de 256 saniye ısıtma tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri

Yağ oranı (%)	Homojenizasyon basıncı	Depolama süresi (Gün)	Kıvam katsayısı (mPa.s ⁿ)	Akış davranış indeksi	R ²
0.1	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.31±0.00	0.91±0.01
		15	1000.0±0.00	0.30±0.00	0.91±0.00
		30	1000.0±0.00	0.28±0.00	0.90±0.00
0.1	150	1	1000.0±0.00	0.39±0.01	0.91±0.00
		15	1000.0±0.00	0.38±0.00	0.91±0.01
		30	1000.0±0.00	0.34±0.00	0.91±0.00
0.1	150/50	1	1000.0±0.00	0.40±0.00	0.88±0.00
		15	1000.0±0.00	0.38±0.00	0.87±0.00
		30	1000.0±0.00	0.36±0.00	0.88±0.00
0.1	300	1	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.92±0.00
		15	1000.0±0.00	0.39±0.00	0.93±0.01
		30	1000.0±0.00	0.36±0.00	0.92±0.00
0.1	300/50	1	1000.0±0.00	0.43±0.00	0.92±0.01
		15	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.92±0.01
		30	1000.0±0.00	0.38±0.00	0.91±0.00
1.0	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.32±0.00	0.93±0.00
		15	1000.0±0.00	0.31±0.00	0.93±0.00
		30	1000.0±0.00	0.29±0.00	0.94±0.00
1.0	150	1	1000.0±0.00	0.36±0.00	0.90±0.00
		15	1000.0±0.00	0.36±0.00	0.92±0.01
		30	1000.0±0.00	0.33±0.00	0.93±0.01
1.0	150/50	1	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.86±0.01
		15	1000.0±0.00	0.40±0.00	0.87±0.01
		30	1000.0±0.00	0.39±0.00	0.88±0.01
1.0	300	1	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.89±0.01
		15	1000.0±0.00	0.41±0.01	0.91±0.01
		30	1000.0±0.00	0.40±0.01	0.91±0.01
1.0	300/50	1	1000.0±0.00	0.42±0.01	0.91±0.00
		15	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.92±0.00
		30	1000.0±0.00	0.41±0.00	0.92±0.00
2.0	Kontrol	1	1000.0±0.00	0.25±0.00	0.94±0.00
		15	1000.0±0.00	0.24±0.00	0.94±0.00
		30	1000.0±0.00	0.19±0.00	0.94±0.00
2.0	150	1	1000.0±0.00	0.26±0.00	0.88±0.01
		15	1000.0±0.00	0.25±0.00	0.88±0.01
		30	1000.0±0.00	0.23±0.00	0.90±0.01
2.0	150/50	1	1000.0±0.00	0.31±0.00	0.86±0.00
		15	1000.0±0.00	0.28±0.00	0.86±0.01
		30	1000.0±0.00	0.26±0.00	0.86±0.00
2.0	300	1	1000.0±0.00	0.32±0.00	0.83±0.00
		15	1000.0±0.00	0.30±0.00	0.84±0.00
		30	1000.0±0.00	0.29±0.00	0.85±0.01
2.0	300/50	1	1000.0±0.00	0.38±0.00	0.83±0.01
		15	1000.0±0.00	0.35±0.00	0.87±0.04
		30	1000.0±0.00	0.33±0.00	0.84±0.01

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

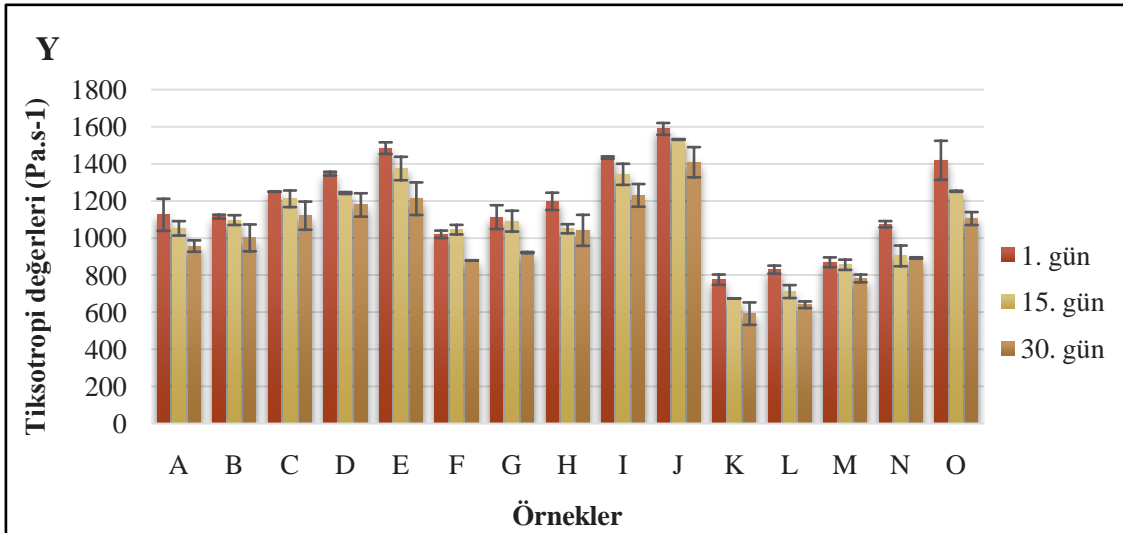
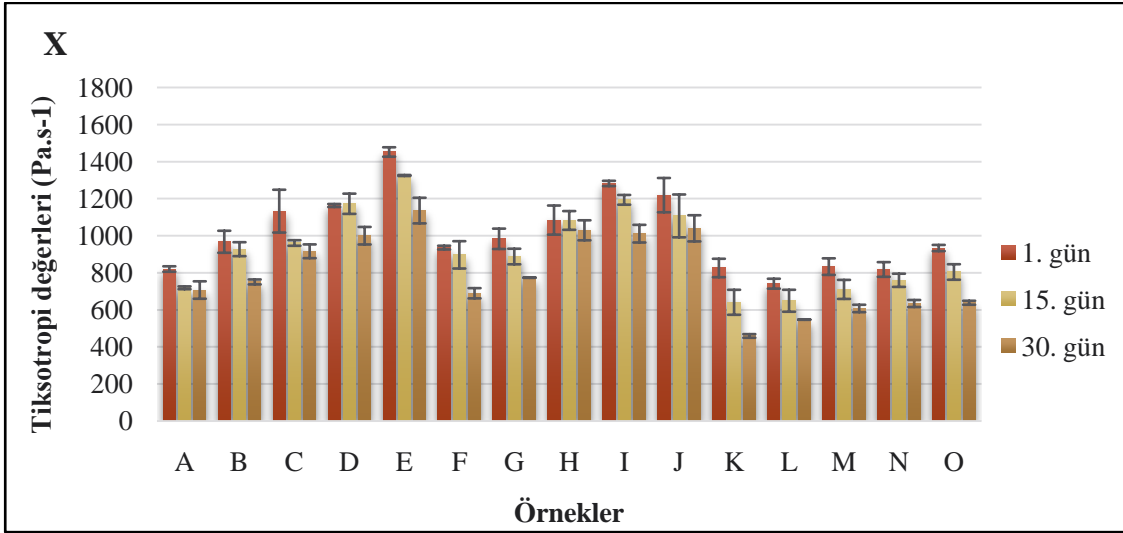
Şekil 4.6. 95°C’de 80 saniye (X) ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneğine ait ortalama akış davranış indeksi değeri

Örneklerin reolojik analizi sonucunda elde edilen iniş ve çıkış eğrilerinin arasında kalan alanın Rheo3000 yazılımı kullanılarak hesaplanması ile ayran örneklerinin tiksotropi değeri tespit edilmiştir. Tiksotropi değeri, birim hacimdeki akışkan moleküllerinin arasındaki bağların koparılması için birim zamanda tüketilmesi gereken enerjidir (Peker vd 2003). Ayran örneklerine ait tiksotropi değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Ayrıca ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.7’de görülmektedir. Ayran örneklerine ait tiksotropi değerlerinin depolamanın ilk gününde 740.4 ile 1587.9 Pa.s⁻¹, 15. gününde 639.9 ile 1530.9 Pa.s⁻¹ ve depolamanın 30. gününde ise 458.2 ile 1408.4 Pa.s⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s⁻¹)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95°C’de 80 saniye	0.1	Kontrol	819.5±14.7	718.2±7.5	706.1±47.0
		150	966.6±59.3	926.6±37.6	749.8±13.3
		150/50	1131.9±115.5	960.0±15.0	915.3±37.1
		300	1162.4±8.1	1171.8±54.6	999.3±47.3
		300/50	1451.4±25.3	1324.4±2.7	1135.0±69.1
	1.0	Kontrol	935.2±10.1	896.0±73.8	688.7±27.6
		150	982.6±55.0	887.0±42.0	773.0±1.1
		150/50	1083.7±78.5	1081.7±50.5	1028.5±54.0
		300	1281.5±14.2	1193.0±26.2	1010.3±47.6
		300/50	1218.4±92.5	1106.3±115.6	1039.2±70.6
	2.0	Kontrol	825.1±49.7	639.9±67.4	458.2±9.7
		150	740.4±26.7	648.2±59.2	546.3±0.8
150/50		832.5±44.7	709.5±51.3	606.6±20.2	
300		817.1±39.6	758.7±35.6	633.4±19.1	
300/50		932.9±16.7	803.5±41.9	637.4±10.3	
95°C’de 256 saniye	0.1	Kontrol	1125.0±86.4	1052.1±38.8	956.7±30.6
		150	1115.2±10.5	1096.6±26.3	1000.6±72.3
		150/50	1249.1±0.2	1211.3±44.8	1120.3±75.8
		300	1346.7±10.3	1242.5±5.1	1178.1±62.9
		300/50	1484.3±31.2	1374.5±63.0	1211.8±87.7
	1.0	Kontrol	1020.0±19.9	1045.1±25.7	879.0±1.1
		150	1112.5±64.2	1090.8±56.1	921.5±3.3
		150/50	1197.6±46.5	1049.9±24.4	1041.3±83.7
		300	1433.3±6.2	1343.1±56.8	1229.6±61.2
		300/50	1587.9±31.8	1530.9±2.0	1408.4±81.2
	2.0	Kontrol	775.4±27.8	674.2±0.7	592.6±60.3
		150	829.6±21.6	711.5±34.7	640.4±18.0
150/50		869.2±26.3	855.8±27.6	782.1±20.8	
300		1074.5±16.8	903.7±55.7	892.3±3.7	
300/50		1418.7±105.1	1251.8±2.9	1104.8±34.8	

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlk kademedede 150 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlk kademedede 300 bar ve ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0 oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0 oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0 oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.7. 95°C'de 80 saniye (X) ve 95°C'de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s⁻¹)

Ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (ısıl işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanı) örneklerin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama akış davranış indeksi ve tiksotropi (Pa.s^{-1}) değerlerine ait ortalamalarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Akış davranış indeksi			Tiksotropi (Pa.s^{-1})	
	S. D	K. O	F	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	0.068374	857.13***	1451177.00	346.91***
Yağ oranı (Y)	2	0.186420	2336.90***	1846135.73	441.32***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	0.050706	635.65***	857627.82	205.02***
Depolama zamanı (D)	2	0.011767	147.51***	543531.52	129.93***
N x Y	2	0.000841	10.55***	56.32	0.01
N x H	4	0.001347	16.89***	93290.41	22.30***
N x D	2	0.000986	12.37***	6441.82	1.54
Y x H	8	0.002349	29.45***	19386.80	4.63***
Y x D	4	0.000275	3.46	11260.21	2.69
H x D	8	0.000115	1.45	12096.77	2.89
N x Y x H	8	0.002297	28.81***	83559.19	19.98***
N x Y x D	4	0.000186	2.34	4035.69	0.96
Y x H x D	16	0.000093	1.17	5107.48	1.22
N x H x D	8	0.000099	1.25	4322.24	1.03
N x Y x H x D	16	0.000094	1.19	2144.26	0.51
Hata	90	0.000080		4183.18	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 95°C ’de 256 saniye ısıl işlem uygulanmış süttten üretilen ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerleri, 95°C ’de 80 saniye ısıl işlem uygulanmış süttten üretilen ayran örneklerinde belirlenen akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun yanısıra %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerine ait akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin %0.1 ve %1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerine göre düşük olduğu, %0.1 ile %1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) belirlenmiştir. Farklı basınç ve kademedede homojenize edilen süttlerden üretilen ayran örneklerinde süttlere uygulanan homojenizasyon kademesi ve basıncı arttıkça akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Depolama süresince ayran örneklerinde belirlenen akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.25. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama akış davranış indeksi ve tiksotropi ($\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	Akış davranış indeksi	Tiksotropi ($\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)**
95°C'de 80 saniye	0.38±0.06 a	909.6±227.8b
95°C'de 256 saniye	0.34± 0.06 b	1089.2±248.7 a
Yağ oranı		
%0.1	0.40± 0.04 a	1098.5±202.6a
% 1.0	0.39±0.04 a	1102.9±222.2 a
%2.0	0.30±0.05 b	796.9±213.9b
Homojenizasyon basıncı (bar)		
Kontrol*	0.31±0.07 e	822.9±176.2e
150	0.35±0.06 d	884.5±169.7d
150/50	0.37±0.05 c	987.6±195.7c
300	0.38±0.04 b	1102.0±240.9b
300/50	0.40±0.04 a	1200.1±303.2a
Depolama zamanı		
1. gün	0.38±0.06 a	1085.0±246.6a
15. gün	0.36±0.06 b	1016.3±254.2b
30. gün	0.35±0.03 c	896.9±204.8c

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

Köksoy vd (2003) tarafından yapılan hidrokolloid kullanımının ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisinarştırıldığı bir çalışmada keçiyoynuzu gamı, jelatin, guar gam ve yüksek metoksilli pektin ayran üretiminde kullanılacak süte %0.25 oranında ilave edilerek ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayran örneklerinde yapılan reoloji analizi sonucunda üslü yasa modeli kullanılarak kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve tiksotropi değerleri hidrokolloid içermeyen ayran örneğinde sırasıyla $37 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$, 0.77 ve $15\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, guar gam içeren ayran örneğinde sırasıyla $623 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$, 0.56 ve $125\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, keçiyoynuzu gamı içeren ayran örneğinde sırasıyla $207\text{mPa}\cdot\text{s}^n$, 0.75 ve $74 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, yüksek metoksilli pektin içeren ayran örneğinde sırasıyla $67\text{mPa}\cdot\text{s}^n$, 0.78 ve $27\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, jelatin içeren ayran örneğinde sırasıyla $43 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$, 0.78 ve $18\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Yağsız ayranın kalite ve reolojik özellikleri üzerine yağ ikame maddelerinin etkisinin araştırıldığı farklı bir çalışmada inkübasyondan önce sütün sulandırılması ile üretilen tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız ayran örneklerinde reoloji analizi yapılmış olup kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmıştır. Yağsız ve yarım yağlı ayran örneklerine ait regresyon katsayıları 0.96 'dan büyük bulunmuş olup tam yağlı ayran örneğinin regresyon katsayısı 0.89 olarak tespit edilmiştir. Tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız ayran örneklerindeki akış davranış indeksi değerleri sırasıyla 0.79 , 0.80 ve 0.90 olarak, kıvam katsayısı değerleri 0.81 , 0.40 ve $0.59 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte aynı çalışmada yoğurdun sulandırılması ile üretilen tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız ayran örneklerinin kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış olup tüm örneklerin regresyon katsayıları 0.98 'den büyük bulunmuştur. Tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız ayran örneklerinde akış

davranış indeksi değerleri sırasıyla 0.81, 0.68 ve 0.27 olarak, kıvam katsayısı değerleri sırasıyla 0.79, 0.85 ve 2.93 mPa.sⁿolarak tespit edilmiştir (Bayraktaroğlu 2008).

Yoğurda farklı oranlarda tuz ve su ilavesinin ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada,ayran örneklerinin kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış ve regresyon katsayısı değerleri 0.94'den yüksek bulunmuştur. Ayran örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.297 ile 1.004 arasında, kıvam katsayısı değerlerinin ise 18 ile 1214 mPa.sⁿarasında değiştiği belirlenmiştir (Köksoy 2003a).

Farklı yöntemler [laktik asit bakterileri (yoğurt) ve sitrik asit (sonlandırma pH'sı 3.95)] kullanılarak asitlendirilmiş sütlü içeceklerin reolojik ve duyuşal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada,örneklerin kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmış ve regresyon katsayısı değerlerinin 0.57 ile 0.99 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin akış davranış indeksi değerlerinin 0.42 ile 0.85 arasında, kıvam katsayısı değerlerinin sırasıyla 10.8 ile 1526 mPa.sⁿarasında değiştiği saptanmıştır (Janhøj vd 2008)

Cruz vd (2013) tarafından yapılan bir çalışmada %0.0, %2.0, %4.0, %6.0 ve %8.0 oranında oligofruktoz içeren probiyotik yoğurt örneklerinde 28 günlük depolamanın ilk ve son gününde reoloji analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine üslü yasa modeli uygulanmıştır. %0.0, %2.0, %4.0, %6.0 ve %8.0 oranında oligofruktoz içeren probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın ilk ve son gününde ölçülen akış davranış indeksi değerleri sırasıyla 0.142 ve 0.085, 0.346 ve 0.237, 0.387 ve 0.311, 0.360 ve 0.272, 0.249 ve 0.279 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince akış davranış indeksi değerlerinin azalması çalışmamızda elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada iki farklı süt (tam yağlı süt ve yağsız rekonstitüye süt) ve iki farklı starter kültür (yoğurt kültürü ve *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidus* ve yoğurt kültürü karışımı) kullanılarak %7-8 oranında kurumadde içeren dört farklı ayran üretimi gerçekleştirilmiştir.Üretilen ayran örneklerinde yapılan reoloji analizi sonucunda elde edilen kayma hızı kayma gerilimi değerlerine üslü yasa modeli uygulanmıştır. Tam yağlı süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın akış davranış indeksi değerleri sırasıyla 0.51 ve 0.57 olarak, yağsız rekonstitüye süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın akış davranış indeksi değerleri sırasıyla 0.44 ve 0.42 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca tam yağlı süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın kıvam katsayıları sırasıyla 195.1 mPa.sⁿ ve 108.1 mPa.sⁿ olarak, yağsız rekonstitüye süttten üretilen ayran ve probiyotik bakteri içeren ayranın kıvam katsayıları sırasıyla 398.7 mPa.sⁿve 417.4 mPa.sⁿolarak tespit edilmiştir (Kök Taş 2005).

Çalışmamızda tespit edilen akış davranış indeksi değerleri,bazı araştırmacıların [Köksoy vd (2003), Bayraktaroğlu (2008) ve Kök Taş (2005)]yapmış oldukları araştırmalarda belirlenen akış davranış indeksi değerlerinden daha düşük olmakla beraber Köksoy (2003a), Janhøj vd (2008) veCruz vd (2013)'nin tespit etmiş olduğu akış davranış indeksi değerleri ile benzer bulunmuştur.Ayrıca çalışmamızda elde edilen kıvam katsayısı değerleri ise Köksoy vd (2003), Bayraktaroğlu (2008) ve Kök Taş (2005)'in tespit etmiş oldukları kıvam katsayısı değerlerinden yüksek olup,Köksoy

(2003a) ve Janhøj vd (2008)'nin belirlemiş oldukları kıvam katsayısı değerleri ile benzer bulunmuştur.

4.2.7. Duyusal Analiz sonuçları

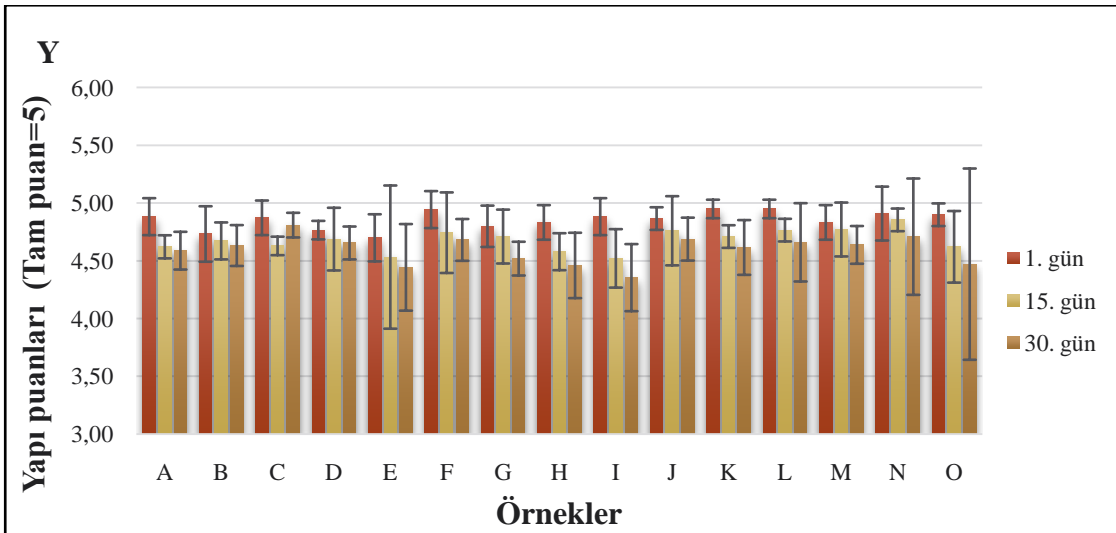
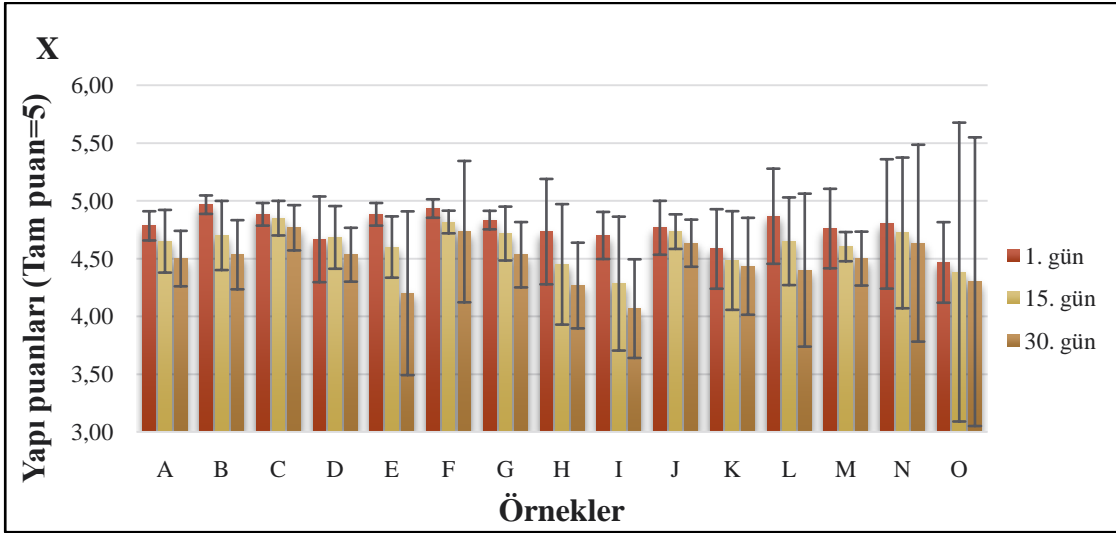
Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde yapılan duyusal analizler sonucunda ayran örneklerine ait görünüş, yapı ve tat puanları değerlendirilmiştir. Ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları ve bu puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.26'da verilmiştir. Ayrıca ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.8'de görülmektedir. Depolama süresince duyusal analizi yapılan ayran örneklerinin yapı puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 4.47 ile 4.97 arasında, 15. gününde 4.28 ile 4.86 arasında, depolamanın 30. gününde ise 4.07 ile 4.81 arasında değiştiği tespit edilmiştir.



Çizelge 4.26. Ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları (Tam puan=5)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1.gün	15.gün	30.gün
95 °C'de 80 saniye	0.1	Kontrol	4.78±0.13	4.65±0.27	4.50±0.24
		150	4.97±0.08	4.70±0.30	4.53±0.30
		150/50	4.88±0.10	4.85±0.15	4.77±0.20
		300	4.67±0.37	4.68±0.27	4.53±0.23
		300/50	4.88±0.10	4.60±0.27	4.20±0.71
	1.0	Kontrol	4.93±0.08	4.82±0.10	4.73±0.61
		150	4.83±0.08	4.72±0.23	4.53±0.28
		150/50	4.73±0.46	4.45±0.52	4.27±0.37
		300	4.70±0.20	4.28±0.58	4.07±0.43
		300/50	4.77±0.23	4.73±0.15	4.63±0.20
	2.0	Kontrol	4.58±0.34	4.48±0.43	4.43±0.42
		150	4.87±0.41	4.65±0.38	4.40±0.66
		150/50	4.76±0.34	4.60±0.13	4.50±0.23
		300	4.80±0.56	4.72±0.65	4.63±0.85
		300/50	4.47±0.35	4.38±1.29	4.30±1.25
95 °C'de 256 saniye	0.1	Kontrol	4.88±0.16	4.62±0.10	4.59±0.16
		150	4.73±0.24	4.67±0.16	4.63±0.18
		150/50	4.87±0.15	4.63±0.08	4.81±0.11
		300	4.77±0.08	4.69±0.27	4.66±0.14
		300/50	4.70±0.20	4.53±0.62	4.44±0.37
	1.0	Kontrol	4.94±0.16	4.74±0.35	4.68±0.18
		150	4.80±0.18	4.71±0.23	4.52±0.15
		150/50	4.83±0.15	4.58±0.16	4.46±0.28
		300	4.88±0.16	4.52±0.25	4.36±0.29
		300/50	4.87±0.10	4.76±0.30	4.69±0.19
	2.0	Kontrol	4.95±0.08	4.71±0.10	4.62±0.24
		150	4.95±0.08	4.77±0.10	4.66±0.34
		150/50	4.83±0.15	4.77±0.23	4.64±0.16
		300	4.91±0.23	4.86±0.10	4.71±0.50
		300/50	4.90±0.10	4.62±0.31	4.47±0.83

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlkademede 150 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlkademede 300 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

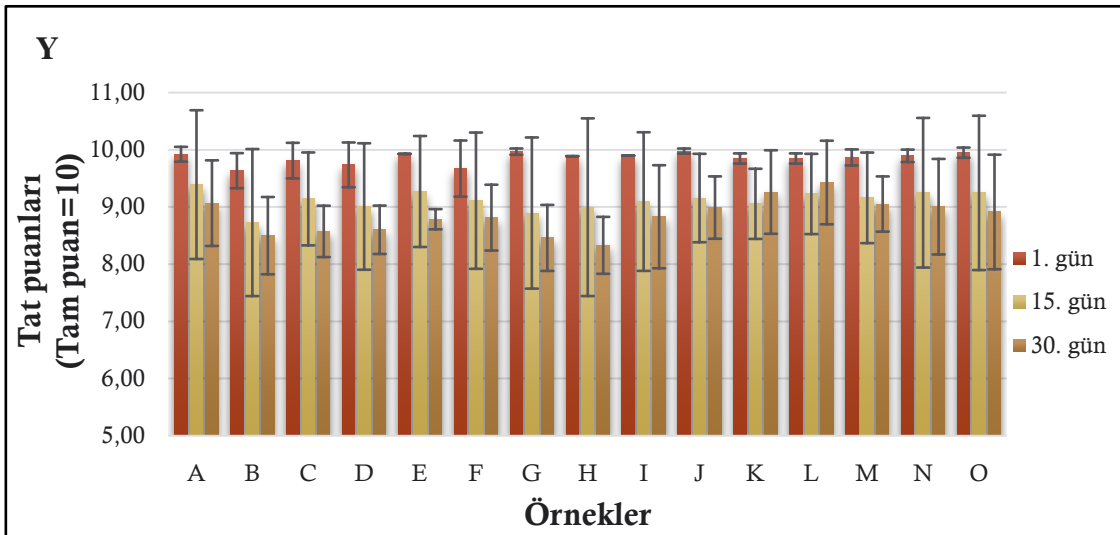
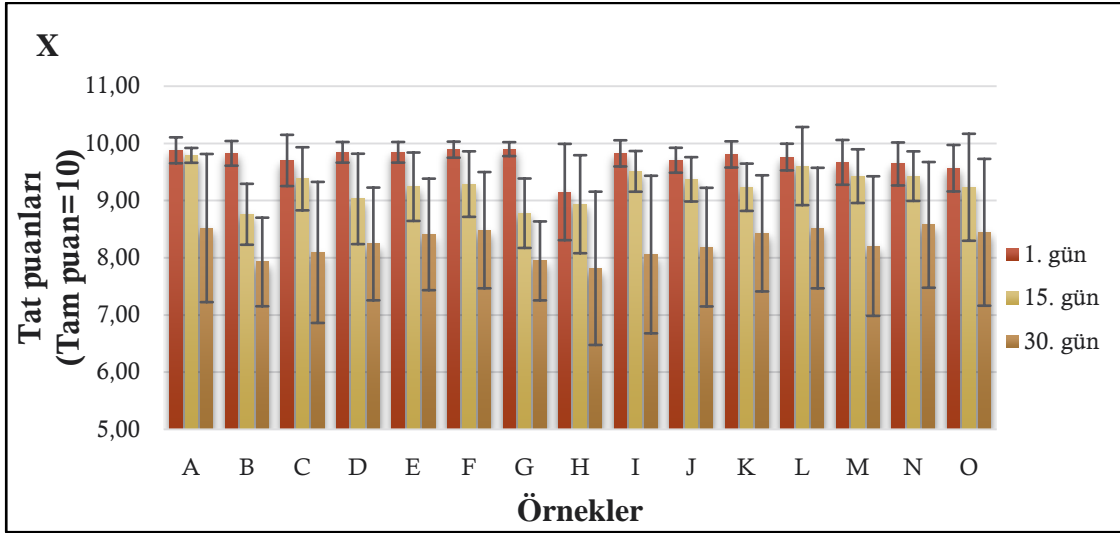
Şekil 4.8. Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C'de 80 saniye (X) ve 95°C'de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama yapı puanları

Ayran örneklerine ait ortalama tat puanları ve bu puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.27’de verilmiştir. Ayrıca ayran örneklerine ait ortalama tat puanları kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.9’da görülmektedir. Depolama süresince duyu analizi yapılan ayran örneklerinin tat puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 9.15 ile 9.97 arasında, 15. gününde 8.72 ile 9.79 arasında, depolamanın 30. gününde ise 7.81 ile 9.42 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.27. Ayran örneklerine ait ortalama tat puanları (Tam puan=10)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1. gün	15. gün	30. gün
95 °C’de 80 saniye	0.1	Kontrol	9.88±0.23	9.79±0.13	8.52±1.29
		150	9.82±0.22	8.76±0.53	7.93±0.77
		150/50	9.70±0.45	9.38±0.55	8.09±1.23
		300	9.84±0.18	9.03±0.79	8.24±0.99
		300/50	9.84±0.18	9.24±0.60	8.41±0.97
	1.0	Kontrol	9.89±0.14	9.29±0.57	8.48±1.02
		150	9.90±0.12	8.78±0.61	7.94±0.69
		150/50	9.15±0.84	8.94±0.86	7.81±1.34
		300	9.82±0.23	9.51±0.36	8.06±1.38
		300/50	9.70±0.22	9.37±0.39	8.19±1.04
	2.0	Kontrol	9.81±0.23	9.23±0.41	8.43±1.01
		150	9.76±0.23	9.60±0.68	8.52±1.05
		150/50	9.67±0.39	9.43±0.47	8.20±1.22
		300	9.64±0.38	9.43±0.43	8.57±1.10
		300/50	9.56±0.41	9.23±0.93	8.44±1.28
95 °C’de 256 saniye	0.1	Kontrol	9.92±0.13	9.39±1.30	9.06±0.75
		150	9.63±0.31	8.72±1.29	8.49±0.68
		150/50	9.81±0.31	9.14±0.81	8.57±0.45
		300	9.73±0.39	9.00±1.11	8.60±0.42
		300/50	9.92±0.00	9.27±0.97	8.78±0.18
	1.0	Kontrol	9.67±0.49	9.10±1.19	8.81±0.58
		150	9.96±0.05	8.89±1.32	8.45±0.58
		150/50	9.88±0.00	8.99±1.55	8.32±0.50
		300	9.89±0.00	9.09±1.21	8.82±0.90
		300/50	9.97±0.04	9.15±0.77	8.98±0.55
	2.0	Kontrol	9.84±0.09	9.05±0.61	9.26±0.73
		150	9.84±0.09	9.22±0.70	9.42±0.73
		150/50	9.86±0.14	9.15±0.79	9.05±0.48
		300	9.89±0.11	9.24±1.31	9.00±0.83
		300/50	9.94±0.09	9.24±1.35	8.91±1.00

***Kontrol**: Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150**: Tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50**: İlk kademede 150 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300**: Tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50**: İlk kademede 300 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0oranında yağ içerenve ilk kademede 150 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0oranında yağ içeren ve ilk kademede 300 bar, ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

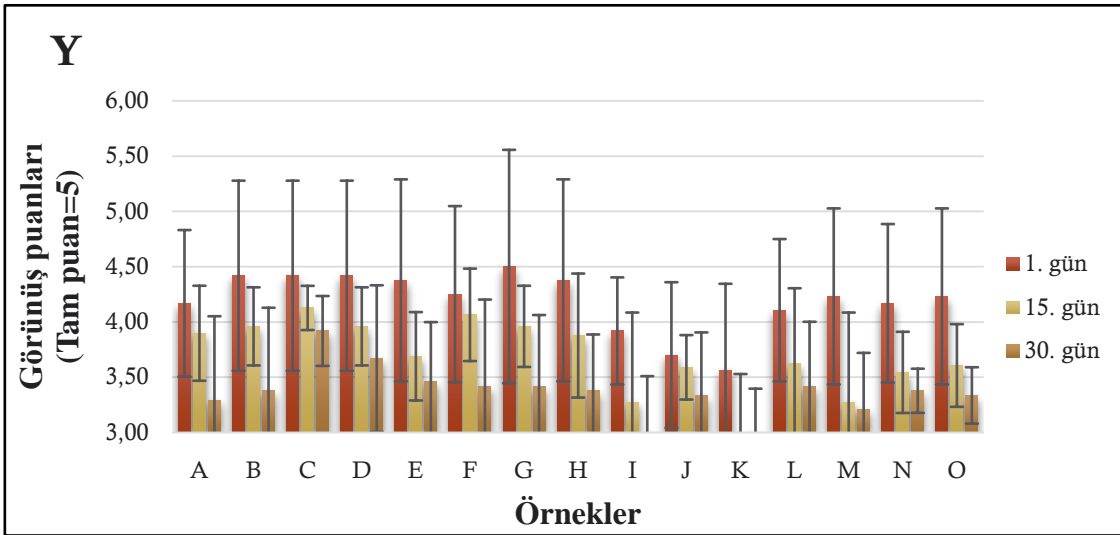
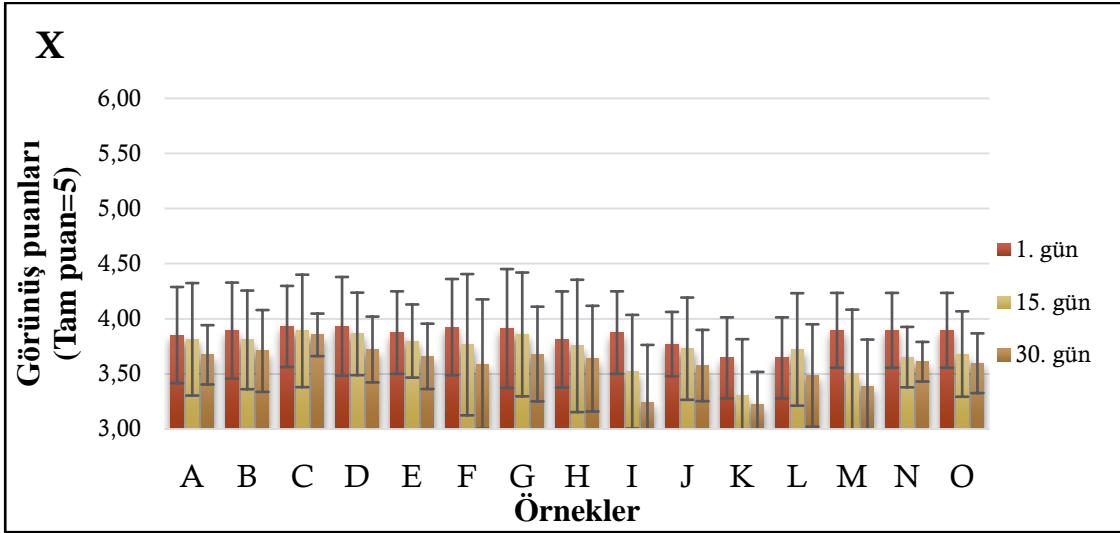
Şekil 4.9. Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C'de 80 saniye (X) ve 95°C'de 256 saniye (Y) ısıl işleme tabi tutulan sütlerden üretilen ayran örneklerine ait ortalama tat puanları

Ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları ve bu puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.28’de verilmiştir. Ayrıca ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları kullanılarak hazırlanan grafik Şekil 4.10’da görülmektedir. Depolama süresince duyu analizi yapılan ayran örneklerinin görünüş puanlarının depolamanın ilk gününde sırasıyla 3.56 ile 4.50 arasında, 15. gününde 2.98 ile 4.13 arasında, depolamanın 30. gününde ise 2.88 ile 3.92 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28. Ayran örneklerine ait ortalama görünüş puanları (Tam puan=5)

Isıl işlem	Yağ (%)	Örnekler*	1. gün	15. gün	30. gün
95 °C’de 80 saniye	0.1	Kontrol	3.85±0.44	3.81±0.51	3.67±0.27
		150	3.89±0.44	3.81±0.45	3.71±0.37
		150/50	3.93±0.37	3.89±0.51	3.85±0.19
		300	3.93±0.45	3.86±0.37	3.72±0.30
		300/50	3.88±0.37	3.80±0.33	3.66±0.30
	1.0	Kontrol	3.93±0.44	3.77±0.64	3.59±0.59
		150	3.91±0.54	3.86±0.56	3.68±0.43
		150/50	3.81±0.44	3.75±0.60	3.64±0.48
		300	3.88±0.37	3.52±0.51	3.24±0.52
		300/50	3.77±0.29	3.73±0.46	3.58±0.32
	2.0	Kontrol	3.65±0.37	3.31±0.51	3.22±0.30
		150	3.65±0.37	3.72±0.51	3.49±0.46
		150/50	3.90±0.34	3.50±0.58	3.39±0.42
		300	3.90±0.34	3.65±0.27	3.61±0.18
		300/50	3.90±0.34	3.68±0.39	3.60±0.27
95 °C’de 256 saniye	0.1	Kontrol	4.17±0.66	3.90±0.43	3.29±0.76
		150	4.42±0.86	3.96±0.35	3.38±0.75
		150/50	4.42±0.86	4.13±0.20	3.92±0.32
		300	4.42±0.86	3.96±0.35	3.67±0.66
		300/50	4.38±0.91	3.69±0.40	3.46±0.54
	1.0	Kontrol	4.25±0.80	4.06±0.42	3.42±0.78
		150	4.50±1.06	3.96±0.37	3.42±0.64
		150/50	4.38±0.91	3.88±0.56	3.38±0.51
		300	3.92±0.48	3.27±0.81	2.88±0.63
		300/50	3.70±0.66	3.59±0.29	3.33±0.57
	2.0	Kontrol	3.56±0.78	2.98±0.55	2.96±0.44
		150	4.10±0.64	3.63±0.68	3.42±0.58
		150/50	4.23±0.80	3.27±0.81	3.21±0.51
		300	4.17±0.72	3.54±0.37	3.38±0.20
		300/50	4.23±0.80	3.60±0.37	3.33±0.25

***Kontrol:** Homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **150:** Tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **150/50:** İlkademede 150 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300:** Tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **300/50:** İlkademede 300 bar ve ikinci kademede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.



A:%0.1oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **B:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **C:**%0.1oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **D:**%0.1oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **E:**%0.1oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **F:**%1.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **G:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **H:**%1.0oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **I:**%1.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **J:**%1.0oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **K:**%2.0oranında yağ içeren ve homojenize edilmeyen süttten üretilen ayran örneği, **L:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **M:**%2.0oranında yağ içerenve ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **N:**%2.0oranında yağ içeren ve tek kademedede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği, **O:**%2.0oranında yağ içeren ve ilk kademedede 300 bar, ikinci kademedede 50 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneği.

Şekil 4.10.Depolamanın farklı dönemlerinde 95°C’de 80 saniye (X)ve 95°C’de 256 saniye (Y) ısııl işleme tabi tutulan süttlerden üretilen ayran örneklerine aitortalagamörünüş puanları

Ayran örneklerinin yapı, tat ve görünüş puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarının (ısıtım işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanı) örneklerin yapı puanları üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) görülmüştür. Ayran örneklerinin tat puanları üzerine ısıtım işlem süresi ve depolama zamanının $P<0.001$ düzeyinde etkili olduğu, yağ oranının ve homojenizasyon basıncının etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Bununla birlikte ayran örneklerinin görünüş puanları üzerine yağ oranının $P<0.001$ ve depolama zamanının ise $P<0.01$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.29).



Çizelge 4.29. Depolama süresince belirlenen ayran örneklerine ait ortalama yapı, tat ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Yapı			Tat		Görünüş	
	S. D	K. O	F	K. O	F	K. O	F
Isıl işlem normu (N)	1	0.42805195	6.53	2.63484085	20.27***	0.02508676	0.28
Yağ oranı (Y)	2	0.01062569	0.16	0.53729358	4.13	1.40519188	15.69 ***
Homojenizasyon basıncı (H)	4	0.08587874	1.31	0.34160538	2.63	0.21597529	2.41
Depolama zamanı (D)	2	0.52753171	8.04	24.00495505	184.72***	3.13736790	35.04**
N x Y	2	0.06270783	0.96	0.09891320	0.76	0.06096015	0.68
N x H	4	0.00373455	0.06	0.03863019	0.30	0.05624036	0.63
N x D	2	0.13504600	2.06	1.33584274	10.28***	2.34307643	26.17***
Y x H	8	0.31259074	4.77***	0.29011717	2.23	0.36940108	4.13
Y x D	4	0.04029389	0.61	0.25408300	1.96	0.08246208	0.92
H x D	8	0.02484850	0.38	0.09133028	0.70	0.01872989	0.21
N x Y x H	8	0.04192371	0.64	0.03110562	0.24	0.04905637	0.55
N x Y x D	4	0.05311088	0.81	0.02907440	0.22	0.08878928	0.99
Y x H x D	16	0.06162256	0.94	0.06628547	0.51	0.05878743	0.66
N x H x D	8	0.01070138	0.16	0.03034844	0.23	0.03121705	0.35
N x Y x H x D	16	0.01198704	0.18	0.05360212	0.41	0.02184848	0.24
Hata	90	0.06558094		0.12995628		0.08953725	

*** P < 0.001 düzeyinde önemli

** P < 0.01 düzeyinde önemli

Ayran örneklerine ait ortalama yapı, tat ve görünüş puanlarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. 95 °C'de 256 saniye ısıtılma tabii tutulan süttten üretilen ayran örneklerinin en yüksek yapı ve tat puanlarını aldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte 95 °C'de 80 saniye ve 95 °C'de 256 saniye ısıtılma tabii tutulan sütlenden üretilen ayran örneklerinin görünüş puanları arasında önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır.

Farklı oranlarda yağ içeren sütlenden üretilen ayran örnekleri arasında, %0.1 oranında yağ içeren ayran örneklerinin en yüksek görünüş puanlarını aldığı ve %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerine en düşük görünüş puanlarının verildiği tespit edilmiştir. %0.1 oranında yağ içeren ayran örneklerine panalistlerce verilen yapı puanlarının %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerine göre yüksek olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte %2.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin en yüksek tat puanlarını aldığı belirlenmiştir.

Farklı basınç ve kademelerde homojenize edilen sütlenden üretilen ayran örneklerine verilen yapı puanları arasında önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneklerine panalistlerce verilen tat puanlarının tek kademede 150 bar basınçta homojenize edilen süttten üretilen ayran örneklerine göre yüksek olduğu saptanmıştır.

Örneklerin yapı, tat ve görünüş puanları depolama süresince azalmıştır. Depolamanın birinci günü ile 15. günü verilen görünüş puanları arasında önemli düzeyde farklılık ($P<0.05$) tespit edilirken 15. gün ile 30. günde verilen görünüş puanları arasında önemli bir farklılık ($P>0.05$) olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Ayran örneklerinde depolama süresince belirlenen yapı, tat ve görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Isıl işlem normu	Yapı**	Tat**	Görünüş**
95 °C'de 80 saniye	4.64±0.31 b	9.08±0.72 b	3.74±0.49 a
95 °C'de 256 saniye	4.74±0.19 a	9.33±0.53 a	3.72±0.27 a
Yağ oranı			
%0.1	4.70±0.19 a	9.18±0.68 ab	3.89±0.33 a
%1.0	4.67±0.29 a	9.13±0.69 b	3.72±0.40 b
%2.0	4.69±0.31 a	9.31±0.52 a	3.59±0.38 c
Homojenizasyon basıncı (bar)			
Kontrol*	4.73±0.18 a	9.33±0.54 a	3.62±0.48 b
150	4.72±0.21 a	9.12±0.71 b	3.80±0.38 a
150/50	4.69±0.23 a	9.10±0.70 b	3.82±0.38 a
300	4.68±0.36 a	9.23±0.63 ab	3.71±0.41 ab
300/50	4.61±0.28 a	9.26±0.59 ab	3.71±0.25 ab
Depolama zamanı			
1. gün	4.77±0.27 a	9.80±0.44 a	3.99±0.29 a
15. gün	4.69±0.26 a	9.28±0.59 b	3.64±0.37 b
30. gün	4.59±0.09 b	8.54±0.45 c	3.56±0.27 b

*Homojenize edilmeyen örnek.

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

5. SONUÇ

Bu çalışmada, homojenizasyon ve ısıtma işlem uygulamalarının farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilen ayranların fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkileri depolama süresi boyunca tespit edilmiştir. Çalışmada ayran üretiminde kullanılmak üzere üç farklı oranda yağ içeren (%0.1, %1.0 ve %2.0) ve toplam kurumaddesi %8'e standardize edilmiş sütler hazırlanmıştır. Hazırlanan sütlere farklı basınçlarda (tek kademeli homojenizasyon; 150 ve 300 bar, çift kademeli homojenizasyon; 150/50 ve 300/50 bar) homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Homojenize edilmeyen sütlerden üretilen ayran örnekleri çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Homojenize edilen ve edilmeyen sütler, ısıtma işlem ünitesinde 95°C'de 80 saniye ve 95°C'de 256 saniye ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Üretilen ayran örnekleri 4-5°C'de 30 gün süreyle depolanmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde ayran örneklerinin fizikokimyasal ve duyu özellikleri incelenmiştir.

Ayran örneklerinde gerçekleştirilen fizikokimyasal analizlerde elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda ısıtma işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanının ayran örneklerinin titrasyon asitliği, pH, serum ayrılması ve görünür viskozite değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

95°C'de 80 saniye ısıtma işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri, 95°C'de 256 saniye ısıtma işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun yanı sıra yağ oranı arttıkça ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Süte uygulanan homojenizasyon basıncının ayranın titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, homojenize edilmeyen sütlerden üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri en düşük bulunmuştur. En yüksek titrasyon asitliği değeri tek kademede 300 bar basınçta homojenize edilen sütte üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiş ve diğer basınçlarda homojenize edilen sütte üretilen ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı ($P > 0.05$) saptanmıştır. Depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

95°C'de 80 saniye ısıtma işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerleri, 95°C'de 256 saniye ısıtma işlem uygulanmış sütte üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinden yüksek bulunmuştur. Farklı basınç ve kademede homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinde sütlere uygulanan homojenizasyon kademesi ve basıncı arttıkça serum ayrılması değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. %1.0 oranında yağ içeren ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin %2.0 yağ içeren ayran örneklerine göre ve %2.0 yağ içeren ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin de %0.1 yağ içeren ayran örneklerine göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince örneklerin serum ayrılması değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Süte uygulanan ısıtma işlem süresi uzadıkça ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Farklı oranda yağ içeren ayran örneklerinde yağ miktarı arttıkça ayran örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca süte uygulanan homojenizasyon basıncı ile homojenizasyon

kademesi arttıkça ayran örneklerine ait görünür viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Kontrol örneklerinin görünür viskozite değerleri homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerine göre düşük bulunmuştur. Depolama süresince örneklerin görünür viskozite değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Ayran örneklerinde yapılan reolojik ölçümlerde ayran örneklerinin üslü yasa modeline uyan akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Ayran örneklerine üslü yasa modeli uygulanması ile elde edilen ortalama kıvam katsayısı değerleri ayran örneklerinin hepsinde $1000 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$ olarak tespit edilmiş ve depolama süresince değişkenlik göstermemiştir. Süte uygulanan ısı işlem süresi uzadıkça ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ayrandaki yağ oranı arttıkça akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra farklı basınç ve kademede homojenize edilen sütlerden üretilen ayran örneklerinin akış davranış indeksi ve tiksotropi değerlerinin sütlere uygulanan homojenizasyon kademesi ve basıncı arttıkça arttığı ve bu değerlerin depolama süresi uzadıkça azaldığı saptanmıştır.

Ayran örneklerinde yapılan duyu analizi sonucunda ısı işlem normu, yağ oranı, homojenizasyon basıncı ve depolama zamanının örneklerin yapı puanları üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) görülmüştür. Ayran örneklerinin tat puanları üzerine ısı işlem süresi ve depolama zamanının $P<0.01$ düzeyinde etkili olduğu, yağ oranının ve homojenizasyon basıncının istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Bununla birlikte ayran örneklerinin görünüş puanları üzerine yağ oranı ve depolama zamanının $P<0.01$ düzeyinde etkili olduğu, ısı işlem normu ve homojenizasyon basıncının ise görünüş puanları üzerine önemli bir etkisinin ($P>0.05$) olmadığı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKÇA

- ANONİM. 1994. TS 1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 14 ss, Ankara.
- ANONİM. 1995. TS 8189 Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu (rutin metod) standardı. TürkStandartları Enstitüsü, 10 ss, Ankara.
- ANONİM. 2009. Türk Gıda Kodeksi-Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2009/25.T.C. Resmi Gazete 16.02.2009 tarih ve 27143 sayı. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirmeve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ANONİM. 2013. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni Süt ÜrünleriÜretim İstatistikleri Aralık/2013 Bülteni.
- ATAMER, M., YILDIRIM, Z. ve YILDIRIM, M. 1992. Farklı basınçlarda uygulananhomojenizasyon işleminin set yoğururun bazı nitelikleri üzerine etkisi: 1. Pıhtıstabilitesine etkisi.*Gıda*, 17 (4): 255-258.
- BODYFELT, F.W., TOBIAS, J. and TROUT, G.M. 1988. The sensory evaluation of dairyproducts. Van Nostrand Reinhold, 598 pp, New York, USA.
- BÖLÜKBAŞI, B. 2007. Trakya bölgesinde farklı köylerden alınan yoğurtlardan laktik asitbakterilerinin izolasyonu, bunların eps (ekzopolisakkarit) üretim kabiliyetlerininbelirlenmesi ve bu bakteriler kullanılarak ayran üretimine uygunkombinasyonlarının seçilmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, TrakyaÜniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 135 ss, Tekirdağ.
- BAYRAKTAROĞLU, G. ve OBUZ, E. 2008. Farklı yağ oranlarındaki ayranların kalite vereolojik özellikleri. 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- CONSIDINE, T., PATEL, H.A., ANEMA, S.G., SINGH, H.and CREAMER, L.K. 2007.Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatmentsa review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8:1–23
- CHO, Y.H., LUCEY, J.A. and SINGH, H. 1999. Rheological properties of acid milk gels asaffected by the nature of the fat globule surface material and heat treatment ofmilk. *International Dairy Journal*, 9:537-545
- ÇAKMAKÇI, S. ve GÜNDOĞDU, E. 2005. Yoğurdun yararları ne kadar tekrarlansa yine deaz. *Hasad Gıda*, 238, 10-15.
- DERVİŞOĞLU, M. 1995. Bileşimce zenginleştirilmiş inek sütlerine kola konsantresi ve aroma maddesi katılarak işlenen dondurmaların bazı nitelikleri üzerine biraraştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,94 ss.
- JENSEN, S., ROLIN, C.and IPSEN, R. 2010. Stabilisation of acidified skimmed milk with hmpectin.*Food Hydrocolloids*, 24:291–299

- KESSLER, H.G. 1997. The structure of fermented milk products as influenced by technology and composition. In texture of fermented milk products and dairy desserts, International Dairy Federation Symposium, Vicenza, Italy, 5–6 May 1997(pp. 93–105). Brussels.
- KESSLER, H.G. 2002. Food and Bio Process Engineering–Dairy Technology (5th ed.).München, Germany: Verlag A. Kessler, p. 694.
- KIANI, H., MOUSAVI, S.M.A. and EMAM-DJOMEH Z. 2008. Rheological properties of iranian yoghurt drink, doogh. *International Journal of Dairy Science*, 3 (2): 71-78.
- KIRDAR, S. ve GÜN, İ. 2002. Burdur'da tüketilen süzme yoğurtların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Gıda*, 27 (1) : 59-64.
- KÜÇÜKÇETİN, A. 2008. Effect of heat treatment and casein to whey protein ratio of skim milk on graininess and roughness of stirred yoghurt. *Food Research International*, 41:165–171
- KÜÇÜKÇETİN, A., WEIDENDORFER, K. and HINRICH, J. 2009. Graininess and roughness of stirred yoghurt as influenced by processing, *International Dairy Journal* 19:50–55.
- KURT, A., ÇAKMAKÇI, S. ve ÇAĞLAR, A. 1993. Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Yayınları. No: 252, 238 ss, Erzurum.
- METİN, M. 2009. Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Basım Evi. 127, 172-176, 552 ss Bornova, İzmir.
- MICHALSKI, M. and JANUEL, C. 2006. Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends in Food Science & Technology* 17: 423–437
- ÖZCAN, T., ERBİL, F. ve KURDAL, E. 1998. Sütün insan beslenmesindeki önemi, içmesüti, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 31-41, Tekirdağ.
- ÖZDEMİR, U. and KILIÇ, M. 2004. Influence of fermentation conditions on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal of Texture Studies*, 35: 415-428.
- ÖZER, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Yayıncılık. 258-259, 264-270 ss Şanlıurfa.
- REMEUF, F., MOHAMMED, S., SODINI, I. and TISSIERB, J.P. 2003. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yoghurt. *International Dairy Journal*, 13:773–782

- SEZER, Ç. 2003. Kefirde Laktik Asit Bakterilerinin Tür Düzeyinde araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars, 85 ss.
- SHAKER, R.R., JUMAH, R.Y. and ABU-JDAYIL, B. 2000. Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering*, 44:175-180
- SODINI, I., REMEUF, F., HADDAD, S. and CORRIEU, G. 2004. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44:113-137
- TAMUÇAY ÖZÜNLÜ, B. 2005. Ayran Kalitesinde Etkili Bazı Parametreler Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- TRATNIK, L., BOZANIC, R., HERCEG, Z. and DRGALIC, I. 2006. The quality of plain and supplemented kefir from goat's and cow's milk. *International Journal of Dairy Technology*, 59: 40-46.
- TUNÇTÜRK, Y., OCAK, E. ve ZORBA, Ö. 2000. Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin set yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi. *Yüzyüncü Yıl Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2): 88-99
- YAYGIN, H. 1999. Yoğurt Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Yayın No:75, 330ss, Antalya.
- XU, Z.M., EMMANOUELIDOU, D.G., RAPHAELIDES, S.N. and ANTONIOU, K.D. 2008. Effects of heating temperature and fat content on the structure development of set yogurt. *Journal of Food Engineering*, 85:590-597
- ARYANA, K.J., BARNES, H.T., EMMICK, T.K., MCGREW, P. and MOSER, B. 2006. Lutein is stable in strawberry yogurt and does not affect its characteristics. *Journal of Food Science*, 71 (6): S467-S472.
- CIRON, C., GEE, V., KELLY, A. and AUTY, M. 2010. Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yogurts. *International Dairy Journal*, 20 (5): 314-320.
- CRUZ, A., CAVALCANTI, R., GUERREIRO, L., SANT'ANA, A., NOGUEIRA, L., OLIVEIRA, C., DELIZA, R., CUNHA, R., FARIA, J. and BOLINI, H. 2013. Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *Journal of Food Engineering*, 114 (3): 323-330.
- ERTUGAY, M.F., BAŞLAR, M., ŞENGÜL, M. ve SALLAN, S. 2012. The effect of acoustic energy on viscosity and serum separation of traditional Ayran, a Turkish yogurt drink. *GIDA-Journal of Food*, 37 (5): 253-257.

- JANHØJ, T., BOM FRØST, M. and IPSEN, R. 2008. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 22 (5): 798-806.
- JHANWAR, A. and WARD, R. 2014. Particle size distribution and lipid composition of skim milk lipid material. *International Dairy Journal*, 36 (2): 110-117.
- KIANI, H., MOUSAVI, S.M.A. and EMAM-DJOMEH, Z. 2008. Rheological properties of Iranian yoghurt drink, Doogh. *International Journal of Dairy Science*, 3 (2): 71-78.
- KÖKSOY, A. ve KILIÇ, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, 18 (4): 593-600.
- KÖKSOY, A. ve KILIÇ, M. 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13 (10): 835-839.
- KÜÇÜKÇETİN, A. 2008. Effect of heat treatment of skim milk and final fermentation pH on graininess and roughness of stirred yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 61 (4): 385-390.
- LANCIOTTI, R., VANNINI, L., PITTIA, P. and GUERZONI, M.E. 2004. Suitability of high-dynamic-pressure-treated milk for the production of yoghurt. *Food Microbiology*, 21 (6): 753-760.
- PATRIGNANI, F., IUCCI, L., LANCIOTTI, R., VALLICELLI, M., MAINA MATHARA, J., HOLZAPFEL, W. and GUERZONI, M. 2007. Effect of high-pressure homogenization, nonfat milk solids, and milkfat on the technological performance of a functional strain for the production of probiotic fermented milks. *Journal of Dairy Science*, 90 (10): 4513-4523.
- WIKING, L. and DICKOW, J.A. 2013. Effect of homogenization temperature and pressure on lipoprotein lipase activity and free fatty acids accumulation in milk. *Food and Nutrition Sciences*, 4 101.
- ZAMORA, A., TRUJILLO, A., ARMAFORTE, E., WALDRON, D. and KELLY, A. 2012. Effect of fat content and homogenization under conventional or ultra-high-pressure conditions on interactions between proteins in rennet curds. *Journal of Dairy Science*, 95 (9): 4796-4803
- AFONSO, I.M. and MAIA, J.M. 1999. Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 42 (4): 183-190.
- BOLAND, M., GOLDING, M. and SINGH, H. 2014. Food Structures, Digestion and Health. *Academic Press*.

- HORNE, D.S. 2006. Casein micelle structure: models and muddles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11 (2): 148-153.
- JHANWAR, A. and WARD, R. 2014. Particle size distribution and lipid composition of skim milk lipid material. *International Dairy Journal*, 36 (2): 110-117.
- KÖKTAŞ, T. 2005. Çeşitli Yağ İkame Maddelerinin Ayran Kalite Kriterleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi
- KRASAEEKOOPT, W., BHANDARI, B. and DEETH, H. 2004. Comparison of texture of yogurt made from conventionally treated milk and uht milk fortified with low - heat skim milk powder. *Journal of Food Science*, 69 (6): E276-E280.
- LEFEBVRE - CASES, E. and CUQ, J. 2001. Effect of SDS on acid milk coagulability. *Journal of Food Science*, 66 (4): 555-560.
- LUO, J., WANG, Z.W., WANG, F., ZHANG, H., LU, J., GUO, H.Y. and REN, F.Z. 2014. Cryo-SEM images of native milk fat globule indicate small casein micelles are constituents of the membrane. *RSC Advances*, 4 (90): 48963-48966.
- POLAT, S.ve GÜZELER, N. 2009. Farklı Starter Kültür Kullanılarak Üretilen Ayranların Kalite Özellikleri.Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- PEKER, S., ve HELVACI Ş.Ş., 2003. Akışkanlar Mekaniği. Literatür Yayıncılık.3-80 s.
- SURH, J., WARD, L.S. andMCCLEMENTS, D.J. 2006. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 39 (7): 761-771.

7. ÖZGEÇMİŞ



Selda YALÇIN 1989 yılında Isparta’da doğdu. İlköğretimi ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2007 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2012 yılında Gıda Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2012 Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen aynı Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

