

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL,
MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Figen ÖZKUL ATEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL,
MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Figen ÖZKUL ATEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2023

ANTALYA

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

**ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL,
MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Figen ÖZKUL ATEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FYL-2022-5996 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON
İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL,
MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Figen ÖZKUL ATEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Bu tez 18.07.2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN (Danışman)

Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Doç. Dr. Tuğba AKTAR KÜÇÜKASLAN

ÖZET

ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Figen ÖZKUL ATEŞ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Haziran 2023; 78 sayfa

Bu çalışmada; koyun sütüne ısıtma işlemi öncesi ve ısıtma işlemi sonrası olmak üzere farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmasının koyun sütünden üretilen kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kefir üretiminde kullanılan koyun sütünün kurumadde miktarı %8'e standardize edilmiştir. Sütler ısıtma işlemi öncesi ve sonrası olmak üzere tek kademeli olarak 150 bar ve çift kademeli olarak 150/30 bar basınçta homojenizasyon işlemleri uygulanmıştır. Koyun sütünden üretilen kefir örnekleri 4°C'de 30 gün süresince depolanmıştır. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan koyun sütünden üretilen kefir örnekleri bu çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Kefir örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri depolamanın ilk gününde, fizikokimyasal ve duyusal özellikleri ise depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde belirlenmiştir.

Homojenizasyon işleminin süt örneklerinin $D[4,3]$ ve $D[3,2]$ değerlerini azalttığı, spesifik yüzey alanı değerlerini ise artırdığı saptanmıştır. Kefir örneklerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri ortalama olarak sırasıyla 4.49 ve 4.61, titrasyon asitliği değerleri ise sırasıyla %0.54 ve %0.62 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin pH değerleri azalmış olup titrasyon asitliği değerleri ise artış göstermiştir.

Çalışmamızda incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kefir örneklerinin Power Law modeline göre reolojik özelliklerinin incelenmesi sonucunda depolama süresince Newton tipi olmayan pseudoplastik akış davranışı gösterdiği saptanmıştır. Isıtma işleminden sonra yapılan homojenizasyon işleminin kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve tiksotropi değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Homojenizasyon işleminin sırasının kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiş ve ilk kademede 150 bar ve ikinci kademede 30 bar basınç altında homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin, tek kademede 150 bar basınç altında homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinden yüksek olduğu saptanmıştır. Depolama süresince kefir örneklerine ait granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Kefir örneklerinde yapılan duysal değerlendirmede ısııl işlemden sonra homojenizasyon işleml uysulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin görünüş, yapı-tekstür ve tat puanlarının, ısııl işlemden önce homojenizasyon işleml uysulanan sütlerden üretilen örneklere göre yüksek olduğu tespit edilmiştirt ($P<0.05$). Kefir rneklerinin koku puanları arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştırt. Çalışmamızda koyun sütüne ısııl işleml öncesi ve ısııl işleml sonrası olmak üzere farklı basınçlarda (tek kademeli ve çift kademeli olarak) uysulanan homojenizasyon işlemlinin üretilen kefirlerin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerinde farklılık oluştıurabileceği değerlendirilmiştirt.

ANAHTAR KELİMELEER: Koyun sütü, Kefir, Homojenizasyon işleml, ısııl işleml.

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Doç. Dr. Tuğba AKTAR KÜÇÜKASLAN

ABSTRACT

ISIL İŞLEM ÖNCESİ VE SONRASI UYGULANAN HOMOJENİZASYON İŞLEMİNİN KOYUN SÜTÜNDEN ÜRETİLEN KEFİRİN FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Figen ÖZKUL ATEŞ

M.Sc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

2023; 78 pages

The aim of this study was to determine the effect of homogenization applied to sheep milk at different pressures prior to and after heat treatment on the physicochemical, microbiological and sensory properties of kefir produced from sheep milk. The total solids content of sheep milk used in the kefir production was standardized to 8%. Homogenization processes were applied to the milks at a pressure of 150 bar as a single stage and at a pressure of 150/30 bar as double-stage, before and after heat treatment. Kefir samples produced from sheep milk were stored at 4°C for 30 days. Kefir samples produced from non-homogenized sheep milk were the control group of this study. Microbiological properties of kefir samples were determined on the first day of the storage, and their physicochemical and sensorial properties were determined on the 1st, 15th and 30th days of the storage.

It was determined that the homogenization process decreased the D[4,3] and D[3,2] values and increased the specific surface area values of the milk samples. The lowest and highest pH values determined were detected as 4.49 and 4.61, respectively, and titratable acidity values were determined as 0.54% and 0.62%, respectively, in kefir samples. During the storage, pH values decreased and titratable acidity values increased of kefir samples.

It was determined that the effect of homogenization process pressure, order of homogenization process and storage time as the main sources of variation examined in our study on the apparent viscosity values of kefir samples was statistically significant at $P<0.001$ significance level. As a result of examining the rheological properties of the kefir samples according to the Power Law model, it was found that non-Newtonian pseudoplastic flow behavior was observed during the storage of the kefir samples. It was detected that the homogenization process applied after the heat treatment increased the consistency coefficient and thixotropy values of the kefir samples. It was determined that the order of the homogenization process had an effect on the number of grains, perimeter of grains and visual roughness values of the kefir samples at a significance level of $P<0.001$, and the number of grains, perimeter of grains and visual roughness values of the kefir samples produced from milk homogenized at a pressure of 150/30 bar as double-stage were higher than those produced from milk homogenized at a pressure of 150 bar

as a single stage. It was found that the number of grains, perimeter of grains and visual roughness values of the kefir samples increased during the storage.

In the sensory evaluation of kefir samples, it was determined that the appearance, structure-texture and taste scores of kefir samples produced from milk homogenized after the heat treatment were higher than those produced from milk homogenized before heat treatment ($P<0.05$). It was found that the difference between the odor scores of the kefir samples was not statistically significant ($P>0.05$). In our study, it was evaluated that the homogenization process applied to sheep milk at different pressures (as single-stage and double-stage) prior to and after heat treatment, may cause differences in the physicochemical, microbiological and sensory properties of the kefirs produced.

KEYWORDS: Sheep milk, Kefir, Homogenization process, Heat treatment.

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Assoc. Prof. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Assoc. Prof. Dr. Tuğba AKTAR KÜÇÜKASLAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, koyun sütünün kefir üretiminde kullanılması ile kefirin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinin artırılması amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda kefir teknolojik özelliklerini geliştirmek için koyun sütüne ısıtma işlemi öncesi ve ısıtma işlemi sonrası olmak üzere farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen kefir örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmanın, konu ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalar için yol haritası belirlemede katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Bu tez çalışmamda beni yönlendiren, engin bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren Danışman Hocam Prof. Dr. Sayın Ahmet KÜÇÜKÇETİN'e, çalışmalarına başladığım ilk günden beri değerli katkılarıyla her zaman yanımda bana destek veren Doç. Dr. Sayın Fırze ERGİN ZEREN'e, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün tüm öğretim üyelerine, laboratuvar çalışmaları sırasında destekleri ile yanımda olan doktora öğrencisi arkadaşlarım, Merve AL ve Esin ÖZEL ile Araş. Gör. Hatice Kübra KIZILAY'a teşekkür ederim.

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

Son olarak, hayatımın her alanında olduğu gibi çalışmalarım sırasında da beni her anlamda destekleyen annem Fatma ÖZKUL, babam Süleyman ÖZKUL ve desteğini her an yanımda hissettiğim eşim Taner ATEŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Koyun sütü	4
2.2. Kefir	6
2.3. Homojenizasyon.....	12
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Materyal	18
3.2. Metot	18
3.2.1. Kefir üretimi	18
3.2.2. Fizikokimyasal Analiz Yöntemleri	21
3.2.2.1. Sütte yapılan fizikokimyasal analizler	21
3.2.2.1.1. Kurumadde tayini:	21
3.2.2.1.2. Yağ tayini:	21
3.2.2.1.3. Protein tayini:	22
3.2.2.1.4. pH tayini:	22
3.2.2.1.5. Titrasyon asitliği tayini:.....	22
3.2.2.1.6. Kül tayini:	22
3.2.2.1.7. Partikül boyutu analizi:.....	22
3.2.2.2. Kefirde yapılan fizikokimyasal analizler	22
3.2.2.2.1. Kurumadde tayini:	22
3.2.2.2.2. Yağ tayini:	22
3.2.2.2.3. Protein tayini:	22
3.2.2.2.4. Kül tayini:	23
3.2.2.2.5. pH tayini:	23

3.2.2.2.6. Titrasyon asitliği tayini:.....	23
3.2.2.2.7. Serum ayrılması:.....	23
3.2.2.2.8. Reolojik parametreler:	23
3.2.2.2.9. Görüntüleme analizi:	23
3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	24
3.2.3.1. Seri dilüsyonların hazırlanması:.....	24
3.2.3.2. Maya sayımı:	24
3.2.3.3. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı:	24
3.2.3.4. Laktobasil Sayımı:	24
3.2.3.5. Laktokok Sayımı:	24
3.2.3.6. Lökonostok Sayımı:	24
3.2.3.7. Asetik Asit Bakterisi Sayımı:.....	25
3.2.3.8. Koliform Bakteri Sayımı.....	25
3.2.4. Duyusal Analizler	25
3.2.5. İstatistiksel Analizler	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Sütte yapılan analizlere ait sonuçlar	27
4.2. Kefir Örneklerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	30
4.2.1. Kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları	30
4.2.2. pH ve titrasyon asitliği değeri	31
4.2.3. Serum ayrılması değeri.....	36
4.2.4. Reolojik özellikler	40
4.2.5. Kefir Örneklerinin Görüntüleme Analizi Sonuçları	52
4.3. Kefir Örneklerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	58
4.4. Kefir Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları.....	62
5. SONUÇLAR	68
6. KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Isıl işlem öncesi ve sonrası uygulanan homojenizasyon işleminin koyun sütünden üretilen kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değışerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/07/2023

Figen ÖZKUL ATEŞ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
cP	: Centi-poise
dk	: Dakika
g	: Gram
Kcal	: Kilo kalori
Kg/cm ²	: Kilogram bölü santimetre kare
Kg	: Kilogram
Kob/g	: Koloni oluşturan birim bölü gram
L	: Litre
m/s	: Metre bölü saniye
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
m ² /g	: Metre kare bölü gram
mg/m ²	: Miligram bölü metre kare
mgTE/100mL	: Miligram Trolox Eşdeğeri bölü 100 mililitre
MPa	: Megapascal
mPa.s ⁿ	: Mili paskal saniye üzeri akış davranış indeksi
N	: Newton

nm	: Nanometre
Pa	: Paskal
Pa.s	: Paskal saniye
Pa.s ⁻¹	: Paskal saniye üzeri eksi bir
Pa/s	: Paskal bölü saniye
R ²	: Regresyon katsayısı
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye
sa	: Saat

Kısaltmalar

EPS	: Ekzopolisakkarit
F	: F değeri
KLA	: Konjuge Linoleik Asit
KO	: Kareler ortalaması
PAS	: Peyniraltı suyu
PAST	: Peyniraltı suyu tozu
SD	: Serbestlik derecesi
TS	: Türk Standartları
TPC	: Toplam Fenolik Madde
Ort _{mys}	: Ortalama mutlak yoğunluk sapması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kefir üretimi akım şeması	19
Şekil 3.2. Homojenizasyon ünitesi	20
Şekil 3.3. Isıl işlem ünitesi	21
Şekil 4.1. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) pH ve (b) titrasyon asitliği değerleri	33
Şekil 4.2. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama serum ayrılması (%) değerleri	37
Şekil 4.3. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama görünür viskozite (mPa.s) değerleri	41
Şekil 4.4. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) kıvam katsayısı (Pa.s^n) ve (b) akış davranış indeksi (n) değerleri	46
Şekil 4.5. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s^{-1})	50
Şekil 4.6. Kefir örneklerinin görselleri	54
Şekil 4.7. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) granül sayısı (granül sayısı/3g örnek), (b) granül çevre uzunluğu (mm) ve (c) görsel pürüzlülük değerleri (Ort_{mys})	56
Şekil 4.8. Kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayımları ($\log \text{ kob/g}$)	59
Şekil 4.9. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) görünüş, (b) koku, (c) yapı-tekstür, (d) tat puanları	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İnek, koyun, keçi ve insan sütlerinin ortalama bileşimi	4
Çizelge 2.2. İnek, koyun, keçi ve insan sütlerindeki ortalama mineral madde ve vitamin miktarları.....	5
Çizelge 2.3. Çeşitli kefirlerin özellikleri.....	7
Çizelge 2.4. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde belirtilen kefirin ürün özellikleri	7
Çizelge 3.1. Kefir örneklerinin kodlandırılması	18
Çizelge 3.2. Kefir örneklerinin duyuusal niteliklerinin değerlendirilme tablosu	26
Çizelge 3.3. Kefir örneklerini duyuusal olarak değerlendirme kriterleri.....	26
Çizelge 4.1. Kefir üretiminde kullanılan koyun sütü ve kurumadde miktarı standardize edilmiş koyun sütüne ait kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları ile titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	27
Çizelge 4.2. Kurumadde miktarı standardize edilip ısıtıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerin partikül boyutu analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.3. Kurumadde miktarları standardize edilmiş sütlerin homojenizasyon işleminin sırası ve uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınca bağlı olarak D[4,3], D[3,2] (μm) ve spesifik yüzey alanı (m^2/g) değerlerine ait varyans analizi sonuçları....	29
Çizelge 4.4. Isıtıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası farklı basınçlarda homojenizasyon işlemleri uygulanan sütlerin D[4,3] (μm), D[3,2] (μm) ve spesifik yüzey alanı (m^2/g) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	29
Çizelge 4.5. Kefir örneklerine ait ortalama kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları .	30
Çizelge 4.6. Kefir örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 4.7. Kefir örneklerine ait ortalama pH ve titrasyon asitliği değerleri	32
Çizelge 4.8. Kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.9. Kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	35
Çizelge 4.10. Kefir örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri (%)	37
Çizelge 4.11. Kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.12. Kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	39
Çizelge 4.13. Kefir örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)	41
Çizelge 4.14. Kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	42

Çizelge 4.15. Kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	44
Çizelge 4.16. Kefir örneklerine ait ortalama kıvam katsayısı (Pa.s^n) ve akış davranış indeksi (n) değerleri	45
Çizelge 4.17. Kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.18. Kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	49
Çizelge 4.19. Kefir örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s^{-1}).....	50
Çizelge 4.20. Kefir örneklerinin tiksotropi değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	51
Çizelge 4.21. Kefir örneklerinin tiksotropi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	52
Çizelge 4.22. Kefir örneklerine ait ortalama granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri	53
Çizelge 4.23. Kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.24. Kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..	57
Çizelge 4.25. Kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayım sonuçları ($\log \text{kob/g}$)	58
Çizelge 4.26. Kefir örneklerinin belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok sayım sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları ($\log \text{kob/g}$).....	60
Çizelge 4.27. Kefir örneklerinin belirlenen lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayım sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları ($\log \text{kob/g}$)	60
Çizelge 4.28. Kefir örneklerinin belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ($\log \text{kob/g}$)	61
Çizelge 4.29. Kefir örneklerinin belirlenen lökonostok ve maya sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ($\log \text{kob/g}$)	61
Çizelge 4.30. Kefir örneklerine ait ortalama görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanları.....	63
Çizelge 4.31. Kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarına ait varyans analiz sonuçları	65
Çizelge 4.32. Kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	67

1. GİRİŞ

Günümüzde sağlıklı yaşam ve beslenmenin önemli hale gelmesiyle tüketiciler hem besin değeri yüksek hem de sağlığa olumlu etkileri olan gıdaları tercih etmeye başlamışlardır (Ulaş-Kadıoğlu 2017). Tüketim miktarları açısından gıda sektörü ele alındığında özellikle süt ve süt ürünleri ön sıralarda yer almaktadır. Süt, yeni doğan memeli yavrularının kendini besleme yeterliliğine sahip olana kadar ihtiyacı olan tüm besin maddelerini bir arada bulunduran porselen beyazı renginde bir sıvıdır (Metin 2013). Yaşamsal önemi olan birçok besin maddesini yapısında bulunduran süt; beslenme açısından temel gıdalardan biri olarak değerlendirilmekte ve günlük öğünlerin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Gantner vd. 2015; Çakır 2018). Dünyada üretilen sütün yaklaşık %81'i inek sütü, %15'i manda sütü olup, %4'ü ise keçi, koyun ve deve sütlerinden elde edilmektedir (Anonymous 2022). İnek sütü, bolluğu ve bulunurluğu ile orantılı olarak, diğer memeli türlerinden elde edilen sütlere göre endüstriyel üretimde daha çok kullanılmaktadır (Metin 2013). Ancak son zamanlarda koyun sütünden üretilen süt ürünlerine artan tüketici talebi, koyun sütünün ve koyun sütünden üretilen ürünlerin özelliklerini ortaya koyma gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Koyun sütü diğer sütler ile karşılaştırıldığında yüksek besin değeri ve bileşimindeki protein, yağ, vitamin ve mineral madde miktarının fazlalığı ile öne çıkmaktadır (Balthazar vd. 2017).

Koyun sütü inek sütüne göre daha iyi sindirilebilirlik özelliği göstermekte ve inek sütü alerjisinde ön planda olan α_{S1} -kazeini daha az miktarda içermektedir (Hochwallner vd. 2014; Mohapatra vd. 2019). Koyun sütünün bileşiminde metabolik olarak değerli olan kısa ve orta zincirli yağ asitleri inek sütüne göre daha yüksek oranlarda bulunmaktadır (Mohapatra vd. 2019). Yüksek konjüge linoleik asit içeriği diğer ruminant (geviş getiren) hayvanların sütlerine kıyasla koyun sütünün fonksiyonel özelliklerinde önemli rol oynamaktadır (Luna vd. 2005; Ulus ve Gücükoğlu 2017). Konjüge linoleik asidin vücut yağ birikimini azaltıcı, kemik mineralizasyonunu artırıcı ve immün sistemi kuvvetlendirici gibi birçok fizyolojik etkisi rapor edilmiştir (Ulus ve Gücükoğlu 2017). Koyun sütünün bu özelliklerinden daha fazla yararlanabilmek için kefir gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılması önerilmektedir (Yıldız 2009).

Yirmi birinci yüzyılın yoğurdu olarak nitelendirilen kefir, sütün içinde bulunan bütün besin maddelerini içermekte ve ihtiva ettiği mikroorganizmaların aktivitesi sonucu oluşan biyoaktif bileşenler ile sütün besin değerini arttırmaktadır (Yelce ve Mevlüt 2020). İnek, koyun, keçi ve deve sütleri gibi farklı süt türlerinden üretilebilen kefirin besleyici özellikleri; kullanılan sütün türü, üretim metodu, starter kültür çeşidi ile inkübasyon ve depolama koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Saygılı ve Karagözlü 2019). Konuyla ilgili olarak yapılan bir çalışmada araştırmacılar inek, koyun ve keçi sütleri ile üretilen kefirlerde laktik asit bakterileri ve maya popülasyonunu incelemişler ve farklı süt türleri kullanımının kefir mikroflorasının gelişimini ve kefir kalitesini etkileyebileceğini bildirmişlerdir (Gürel vd. 2021). Kefir üretiminde inek sütünden farklı sütlerin kullanımı ile inek sütü alerjisi olan bireyler için alternatif oluşturulabileceği ve kullanılan süt türüne bağlı olarak kefirin antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinogenik ve bağışıklık sistemini düzenleyici gibi çeşitli etkileri ile fonksiyonel özelliklerinin artırılabilceği değerlendirilmiştir (Sarıca 2019).

Kefir, merkezi sinir sisteminde önemli rol oynayan elzem amino asitler bakımından zengindir. Bu elzem amino asitler; protein, glikoz ve lipit metabolizmasına

katılarak vücut ağırlığının düzenlenmesi, bağışıklık sistemi ve enerji dengesinin sürdürülmesi üzerine olumlu etkiler göstermektedir (Farag vd. 2020). Üretimde kullanılan sütün türü ve mikrobiyal flora kefirin vitamin içeriğini belirleyen önemli faktörlerdir. Kefir, B grubu vitaminlerin yanı sıra önemli miktarda K ve C vitaminlerini de içermektedir (Ahmed vd. 2013). Kefir, hücre büyümesi ve enerji metabolizmasına katılan kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi makro elementlerin yanı sıra demir, çinko ve bakır gibi mikro elementleri de yapısında bulundurmaktadır (Farag vd. 2020). Düzenli kefir tüketiminin laktoz sindirimini ve intoleransını iyileştirici, bağırsak sistemindeki bağışıklığı destekleyici, kan plazma şekerini ve kan basıncını düzenleyici, antioksidan, antimikrobiyal, antikanser ve antialerjik etkisi olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Sodanlo ve Azizkhani 2021).

Kefiri diğer fermente süt ürünlerinden ayıran en önemli özelliği içerdiği maya ve bakterilerin sinbiyotik aktivitesi sonucu laktik asit ve alkol fermentasyonunun bir arada gerçekleşmesidir (Buran 2020). Fermentasyonda laktik asit bakterileri; laktik asitle birlikte asetaldehit, diasetil ve asetoin gibi lezzet bileşikler oluştururken, mayalar ise CO₂ ve az miktarda etanol üretmektedir. Bu bileşikler kefirde köpüklü, asidik, mayhoş, ferahlatıcı tat ve kendine özgü aromanın oluşmasını sağlamaktadır (Güzel-Seydim 2011). Kefirin mikrobiyal bileşimi, üretimde kullanılan starter kültüre bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle laktik asit bakterileri (*Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Streptococcus* spp.), asetik asit bakterileri (*Acetobacter* spp.) ve mayalardan (*Candida* spp., *Kluyveromyces* spp., *Saccharomyces* spp., *Torulopsis* spp., *Zygosaccharomyces* spp.) oluşmaktadır (Barazi 2022).

Süte kefir danesi veya ticari kefir starter kültürü aşılanarak kefir üretimi yapılabilmektedir (Sarıca 2022). Kefirlerin mikrobiyal ve fizikokimyasal özellikleri kefir danesi veya ticari kefir starter kültüründe bulunan mikroorganizmaların çeşitliliğine, sütün türüne ve üretim teknolojisine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Erinç 2017). Süte uygulanan homojenizasyon işlemi ile ısıl işlem kefirde tat oluşumu, kıvam, serum ayrılması ve diğer bazı kalite özelliklerini etkileyebilmektedir (Biasutti vd. 2013; Aşçı Arslan 2015).

Homojenizasyon işlemi yağ globüllerinin ürün içinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlayan ve ürün kalitesini doğrudan etkileyen bir işlemdir (Özönlü ve Koçak 2010). Homojenizatörde belli bir sıcaklık ve basınç etkisiyle sağlanan mekanik kuvvet yağ globüllerinin etrafını saran süt yağı globül membranını hasara uğratarak yağ globüllerini parçalamaktadır (Biasutti vd. 2013). Homojenizasyon işlemi sonucunda boyutu 1 µm'nin altına kadar düşen yağ globüllerinin bir araya gelmesi engellenmektedir. Boyutları küçülen yeni yağ globülleri ile kazein miselleri arasında adsorbsiyon temeline dayalı fiziksel bir bağlantı meydana gelmektedir (Özer 2006). Süt yağı ve süt proteinleri arasındaki fiziksel bağlantıyla oluşan tüm etkileşimler ürünün tat-aroma, görünüş, yapı-tekstür gibi bazı özelliklerini etkilemektedir (Özönlü ve Koçak 2010; Biasutti vd. 2013).

Homojenizasyon işleminin verimliliği yağ globüllerinin ortalama çapları ile değerlendirilmekte ve uygulanan homojenizasyon işleminin basınç ve sıcaklık değerleri yağ globüllerinin ortalama çaplarını belirlemede etkili olmaktadır (Akıncioğlu 2007). Genel olarak 175 barın üzerindeki basınç değerlerinde ve 50-75°C sıcaklıklarda daha küçük yağ globüllerinin elde edildiği belirtilmektedir (Tamime ve Robinson 2006; Metin 2013). Homojenizasyon işlemi tek kademeli veya iki kademeli olarak

uygulanabilmektedir. Tek kademeli olarak yapılan homojenizasyon işleminden sonra yağ globüllerinin yeniden kümeleşmesi ihtimaline karşı daha düşük basınçlarda ikinci bir homojenizasyon işlemi yapılarak homojenizasyon işleminin etkinliği artırılmaktadır (Metin 2013). Süte uygulanan homojenizasyon işlemi ısıl işlemden önce veya ısıl işlemden sonra uygulanabilmekte ve buna bağlı olarak meydana gelen protein interaksiyonlarındaki değişimler, proteinlerin stabilitesini ve fonksiyonel özelliklerini etkileyebilmektedir (Kelgökmen 2022).

Elde edilen tüm bu bilgiler doğrultusunda, koyun sütüne uygulanan homojenizasyon işleminin koşulları ve homojenizasyon işlemi ile ısıl işlemin sırasının üretilen kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini etkileyebileceği değerlendirilmiştir. Çalışmamızda; üretimde kullanılan koyun sütüne ısıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası olmak üzere tek kademeli ve çift kademeli olarak uygulanan homojenizasyon işleminin kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Koyun sütü

Yeterli ve dengeli beslenme, insan sağlığının korunmasında önemli rol oynamaktadır. Süt ve süt ürünleri insan yaşamının her evresinde gerekli olan makro ve mikro besin öğelerini içeren önemli bir kaynaktır (Ünal ve Besler 2008). İnsan hayatı için yaşamsal önemi olan birçok besin maddesini bünyesinde bulunduran süt, beslenme açısından temel gıda maddesi olarak kabul edilmektedir. Laktoz, kazein, süt yağı, laktalbumin ve laktoglobulin doğada sadece sütte bulunan bileşenlerdir (Çakır 2018). Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği'ne göre çiğ süt; inek, keçi, koyun veya mandanın sağılmasıyla elde edilen, 40°C'nin üzerine ısıtılmamış veya eşdeğer etkiye sahip herhangi işlem görmemiş meme bezi salgısı olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2019). Türkiye'de süt üretimi 2022 yılında yaklaşık 22 milyon ton olup, süt üretiminin %92.3'ünü inek sütü, %4.9'unu koyun sütü, %2.5'ini keçi sütü ve %0.2'sini manda sütü oluşturmaktadır (TUİK 2022).

Koyun sütü üretim miktarı son 10 yılda artan bir ivme göstermiş ve 2022 yılında 1 milyon tonu geçmiştir (TUİK 2012 ve TUİK 2022). Koyun sütünün kimyasal bileşimi; hayvanın yaşı ve beslenmesi, laktasyon dönemi, mevsim, tür ve cins gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte %14.4-20.7'si kurumadde, %3.6-9.9'u süt yağı, %4.1-5.1'i laktoz, %3.7-5.0'ı kazein, %1.0-2.1'i peyniraltı suyu proteinleri ve %0.9-1.0'ı mineral maddelerden oluşmaktadır (Raynal-Ljutovac vd. 2007, Tamime vd. 2011). Koyun sütü, bileşimindeki protein ve yağ oranlarının fazlalığı ile diğer sütlerden ayrılmaktadır (Çizelge 2.1) (Park vd. 2007).

Çizelge 2.1. İnek, koyun, keçi ve insan sütlerinin ortalama bileşimi (Park vd. 2007)

Bileşim	İnek sütü	Koyun sütü	Keçi sütü	İnsan sütü
Yağ (%)	3.6	7.9	3.8	4.0
Yağsız KM* (%)	9.0	12.0	8.9	8.9
Laktoz (%)	4.7	4.9	4.1	6.9
Protein (%)	3.2	6.2	3.4	1.2
Kazein (%)	2.6	4.2	2.4	0.4
Albumin, globülin (%)	0.6	1.0	0.6	0.7
Protein olmayan azot (%)	0.2	0.8	0.4	0.5
Kül (%)	0.7	0.9	0.8	0.3
Kalori/100 ml	69	105	70	68

Koyun sütündeki toplam süt proteininin yaklaşık %80'ini kazein oluşturmaktadır. Koyun sütündeki kazeinin %61.6'sı β -kazein, %22.8'i α_{S2} -kazein, %8.9'u κ -kazein ve %6.7'si α_{S1} -kazein fraksiyonlarından meydana gelmektedir (Balthazar vd. 2017). Koyun sütünün içerdiği kazein miselleri, inek sütündekilere göre daha fazla mineral maddeye sahip, daha az hidratlı ve ısıtma işlemine karşı dayanıklıdır (Raynal-Ljutovac vd. 2007). Ayrıca inek sütü alerjisine neden olabilen kazeinin α_{S1} fraksiyonu koyun sütünde oldukça az miktarda bulunmaktadır. Koyun sütü aglutin içermediği için inek sütüne göre daha iyi sindirilebilirlik özelliği göstermektedir (Hochwallner vd. 2014; Balthazar vd. 2017). Koyun sütündeki β -laktoglobulin miktarının inek ve keçi sütlerinden yaklaşık 2.5 kat

daha fazla olduğu bildirilmektedir (Önür 2015). Koyun sütünün yüksek besin değeri, yapısında serin, alanin, histidin, valin ve lisin gibi elzem amino asitlerini keçi ve inek sütlerinden daha fazla oranda bulundurmasından ve hemogloblin üretimini etkileyen prolin içeriğinden kaynaklanmaktadır (Çakır 2018).

Koyun sütü metabolik olarak değerli kısa ve orta zincirli kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0) ve laurik (C12:0) yağ asitlerini inek sütünden önemli ölçüde yüksek oranda yapısında bulundurmaktadır (Mohapatra vd. 2019). Diğer ruminant hayvanların sütleri ile karşılaştırıldığında koyun sütü yüksek miktarda konjuge linoleik asit (KLA) (0.65 g KLA/100 g yağ asidi) içermektedir (Balthazar vd. 2017).

Koyun sütünde kalsiyum, fosfor, magnezyum, demir, çinko, manganez ve bakır gibi mineral maddeler ile D ve B grubu vitaminler inek ve keçi sütlerine göre yüksek oranda bulunmaktadır (Çizelge 2.2) (Raynal-Ljutovac vd. 2007). Koyun sütü A vitamini ve E vitamini açısından da değerlidir. Diyetle alınan β -karoten retinole dönüştüğü için koyun sütünde A vitamini retinol olarak bulunmaktadır (Revilla vd. 2017). Kalsiyum ve fosforun koyun sütünde yüksek olması büyüme ve kemik gelişimi için koyun sütünü değerli bir kaynak haline getirmektedir (Balthazar vd. 2017). Ayrıca koyun sütünün fiziksel özellikleri keçi ve inek sütlerinden belirgin farklılıklar göstermektedir. Koyun sütünün özgül ağırlığı, viskozitesi, titrasyon asitliği ve kırıma indisi inek sütünden daha yüksek, donma noktası ise daha düşüktür (Önür 2015).

Çizelge 2.2. İnek, koyun, keçi ve insan sütlerindeki ortalama mineral madde ve vitamin miktarları (Raynal-Ljutovac vd. 2008)

Mineral madde	İnek sütü	Koyun sütü	Keçi sütü	İnsan sütü
Kalsiyum (mg)	1200	1975	1260	320
Fosfor (mg)	920	1410	970	150
Potasyum (mg)	1500	1380	1900	550
Sodyum (mg)	450	510	380	200
Klor (mg)	1100	1110	1600	450
Magnezyum (mg)	110	195	130	40
Çinko (μ g)	3800	6335	3400	3000
Demir (μ g)	460	971	550	600
Bakır (μ g)	220	540	300	360
Manganez (μ g)	60	71.5	80	30
İyot (μ g)	70	104	80	80
Selenyum (μ g)	30	31	20	20
Vitamin				
A vitamini (Retinol) (mg)	0.04	0.08	0.04	0.06
D vitamini (μ g)	0.08	0.18	0.06	0.06
E vitamini (Tokoferol) (mg)	0.11	0.11	0.04	0.23
B ₁ vitamini (Tiamin) (mg)	0.04	0.08	0.05	0.02
B ₂ (Riboflavin) (mg)	0.17	0.35	0.14	0.03
B ₃ (Niasin) (mg)	0.09	0.42	0.20	0.16
B ₅ (Pantotenik asit) (mg)	0.34	0.41	0.31	0.18
B ₆ (Pridoksin) (mg)	0.04	0.08	0.05	0.01
B ₉ (Folik asit) (μ g)	5.30	5.00	1.00	5.20
B ₁₂ (Kobalamin) (μ g)	0.35	0.71	0.06	0.04

Tadı ve kokusunun kendine özgü olması ve tüketiciler tarafından içme sütü olarak tercih edilmemesi, bununla birlikte besleyici özelliklerinin inek sütünden üstün olması koyun sütünün peynir, yoğurt, kefir gibi süt ürünlerinin üretiminde değerlendirilmesine yol açmaktadır (Metin 2013; Yıldız 2009).

2.2. Kefir

Fermantasyon işlemi, gıda muhafazasında kullanılan en eski ve ekonomik yöntemlerden biridir. Literatürde insanların 2000 yıl öncesine kadar 'ekşi süt' tükettiğine dair bilgiler bulunmaktadır (Altay vd. 2013). Sütün fermantasyonu, sütteki protein ve karbonhidratların sindirilebilirliğini ve mineral maddelerin biyoyararlılığını arttırmakta, ürünün duyu özelliklerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Fermente süt ürünleri biyoaktif peptit kaynağı olup “fonksiyonel” olarak kabul edilmektedir (de Lima vd. 2018). Fermente süt ürünlerinden biri olan ve 21. yüzyılın yoğurdu olarak nitelendirilen kefirin sağlığa yararlı etkilerinin bilinirliğine bağlı olarak tüketimi giderek artmaktadır (Yelce ve Mevlüt 2020). Kefir, kefir danesi veya kefir starter kültüründe bulunan mikroorganizmaların sütte laktik asit ve etil alkol fermantasyonları gerçekleştirmeleri sonucu elde edilen hafif gazlı, asidik, hoş ve ferahlatıcı tada sahip bir süt ürünüdür (Güzel-Seydim vd. 2005). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’nde kefir; “Fermantasyonda, kefir danesine özgü karakteristik mikroorganizmalar olan *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefirianofaciens*, *Lactobacillus kefirgranum*’dan en az ikisini, laktozu fermente eden mayalardan *Kluyveromyces marxianus* ve etmeyen mayalardan *Saccharomyces spp.*’yi zorunlu olarak içeren bunun yanında *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Acetobacter* ve benzeri bakteri cinslerine ait türler ile farklı maya türlerini de bulundurabilen kefir danelerinin veya starter kültürlerin kullanıldığı fermente süt ürünü” olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2022).

Kefirde bulunan mikroorganizmalar; laktik streptokoklar, termofilik ve mezofilik laktobasiller, lökonostoklar, mayalar ve asetik asit bakterilerinden oluşmaktadır (Güzel-Seydim vd. 2005). Bakteriler mayaların kullanabilmesi için gerekli enerjiyi üretirken, mayalar da bakterilerin gelişip çoğalabilmeleri için ihtiyaçları olan amino asitleri ve vitaminleri üretmektedir (Tomar vd. 2017). Fermantasyonda laktik asit bakterileri laktozdan laktik asit ve asetaldehit, diasetil, asetoin gibi lezzet bileşiklerini oluşturmaktadır. Laktozu fermente eden mayalar ise CO₂ ve az miktarda etanol üretmektedir. Söz konusu bileşikler kefirde köpüklü, asidik, mayhoş ve ferahlatıcı tat ile kendine özgü aromanın oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Güzel-Seydim 2011). Ayrıca fermantasyon ve depolama süresince kefirde bulunan proteolitik bakteriler, sütteki proteinlerin bir kısmını amino asitlere kadar parçalamakta, süt yağında bulunan mikrobiyal kaynaklı lipazın etkisi ile de serbest yağ asitleri oluşmaktadır. Sütte lipoliz yoluyla üretilen serbest yağ asitleri kefir de dahil olmak üzere birçok fermente süt ürününün tat ve aromasının oluşmasında öncü bileşiklerdendir. Yapılan çalışmalarda fermente süt ürünlerinin süttan 5-10 kat daha fazla serbest yağ asidi içerdiği, kefir starter kültürü ile aşılanmış koyun sütünün fermantasyonunun serbest yağ asitleri oranını süte göre 4.3 kat arttırdığı belirtilmiştir (Farağ vd. 2020).

Laktik asit, kefire tat vermesinin yanı sıra kefirde pH değerini düşürerek mikroorganizma gelişimini engellemekte ve böylelikle koruyucu olarak görev yapmaktadır. Fermantasyon süresine bağlı olarak değişmekle birlikte kefirdeki laktik asit miktarının %0.8-1.15, alkol miktarının ise %0.5-1 arasında değiştiği belirtilmektedir

(Cesur 2014; Akbulut Ataman 2020). Kefir; yapısında bulunan laktik asit ve etil alkol miktarına göre tatlı, orta sert, sert ve çok sert olarak sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2.3) (Yıldız 2009).

Çizelge 2.3. Çeşitli kefirlerin özellikleri (Yıldız 2009)

Nitelik	Tatlı kefir (%)	Orta sert kefir (%)	Sert kefir (%)	Çok sert kefir (%)
Su miktarı	88.2	88.9	89.4	89.0
Laktik asit miktarı	0.8	0.6	0.7	0.9
Etil alkol miktarı	0.6	0.7	0.8	1.1
Laktoz miktarı	2.7	2.9	2.3	1.7
Kazein miktarı	2.9	2.7	2.9	2.5
Laktalbumin miktarı	0.3	0.2	0.1	0.1
Yağ miktarı	3.3	3.1	2.8	3.3
Kül miktarı	0.8	0.6	0.7	0.6

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde, kefirin ürün özellikleri olarak ağırlıkça en az % 2.7 süt proteini, en az %10 süt yağı ve en az % 0.6 laktik asit içermesi gerektiği belirtilmiş, etanol içeriği ile ilgili herhangi bir sınırlama getirilmemiştir (Anonim 2022) (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde belirtilen kefirin ürün özellikleri (Anonim 2022)

Özellik	Miktar
Süt proteini (kütlece %)	2.7 (en az)
Süt yağı (kütlece %)	10 (en az)
Titrasyon asitliği (Laktik asit kütlece %)	0.6 (en az)
Etanol (%hacim/ağırlık)	-
Toplam spesifik mikroorganizma (kob/g)	10 ⁷ (en az)
Etikette belirtilen toplam ilave mikroorganizma (kob/g)	10 ⁶ (en az)
Mayalar (kob/g)	10 ³ (en az)

Kefir, sütte bulunan protein, yağ, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler gibi bileşenleri içermekte ve fermentasyon sırasında bazı vitaminlerin sentezlenmesi, protein ve laktozun kısmen parçalanması, biyoaktif maddelerin oluşumu kefirin besin değerini arttırmaktadır (Yıldız 2009). Kefirin yapısında bulunan bileşenler; üretiminde kullanılan sütün özelliği, üretim yöntemi, starter kültürün özelliği, fermentasyon sıcaklığı ve süresi, depolama koşulları gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Tomar vd. 2017). Kefir, merkezi sinir sisteminde önemli rol oynayan serin, treonin, alanin, lizin, valin, izolösin, metiyonin, fenilalanin ve triptofan amino asitleri bakımından zengindir. Kefir, B grubu vitaminlerinin yanı sıra önemli miktarda K ve C vitaminleri de içermektedir. Üretimde kullanılan sütün türü ve mikrobiyal flora, kefirdeki vitamin miktarını etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Kefirde bulunan kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum, karbonhidratların, yağların ve proteinlerin parçalanmasına

yardımcı olarak hücre büyümesine ve enerji metabolizmasına katılmaktadır (Frag vd. 2020).

Kefirin sağlığa faydalı özellikleri; içerdği proteinler, vitaminler, antioksidan ve mineral maddeler ile biyoaktif bileşenlere dayandırılmaktadır. Kefirin antihipertansif, antibakteriyel, antikarsinogenik, hipokolesteromik, antienflamatuvar, antimutajenik, antialerjik ve antidiyabetik özellikleri, β -galaktosidaz aktivitesi ve bağışıklık sistemini güçlendirme ve laktoz intoleransının kontrolü gibi niteliklerine bağlı olarak sağlıkla ilgili olumlu etkileri bulunmaktadır (Ahmed vd. 2013).

Kefirden izole edilen laktik asit bakterilerinin birçok gram-pozitif ve gram-negatif bakteri ile küflere karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir. (Altay vd. 2013). Kefir gram-negatif bakteriler üzerinde bakteriyostatik etki, gram-pozitif bakteriler üzerinde ise bakterisidal etki göstermektedir (Ahmed vd. 2013). Kefirin antimikrobiyal etki gösterdiği bakteri türlerine *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacter aerogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* ve *Micrococcus luteus*; küflere ise *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum* ve *Candida albicans* örnek verilebilmektedir (Azizkhanian vd. 2020). Kefirin patojen bakteriler üzerindeki etki mekanizmaları; hücre zarının destabilizasyonu, hücre lizisi, nükleik asidin parçalanması ve protein sentezinin inhibisyonu olarak sıralanabilmektedir. Kefirde bulunan mikroorganizmaların sentezlediği ekzopolisakkaritler, organik asitler ve peptidler ile hücre duvarlarında yer alan S-tabaka proteinleri antagonistik mekanizmalarda etkili olmaktadır (Gut vd. 2021). Kefirde bulunan elzem amino asitler; protein, glikoz ve lipid metabolizmasını düzenleyerek vücut ağırlığının düzenlenmesi, bağışıklık sistemi ve enerji dengesinin sürdürülmesi üzerine olumlu etki göstermektedir. Peptitler, sütün fermentasyonu sırasında laktik asit bakterileri gibi proteolitik mikroorganizmaların proteini hidroliz etmesiyle üretilen önemli bileşikler olup, kefir gibi fermente süt ürünlerinin sağlığa faydalı etkilerinin artmasına katkı sağlamaktadır (Frag vd. 2020). Kefirin meme kanseri üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda kefirde bulunan biyoaktif peptitlerin vücutta belirli enzimlerin sentezini engelleyerek tümörün büyümesini baskıladığı ve kansere dönüşümü ortadan kaldırdığı belirtilmiştir. Kefirin antikarsinogenik etkisinde biyoaktif peptitlerin yanı sıra, *Lactobacillus kefiranofaciens* tarafından üretilen suda çözünür bir glukogalakattan olan kefiranın ve sifingolipitlerin de kanser sürecini yavaşlatan mekanizmalarda rol alabileceği bildirilmiştir (Ahmed vd. 2013). Ayrıca kefirin düzenli tüketilmesi ile laktobasillerin, bağırsaklara yerleşerek buradaki mikroflorayı düzenlediği belirtilmiştir (Matar vd. 2003).

Kefir, bağırsak florasında sağlığa yararlı bakterilerin çoğalmasını sağlayarak patojenlerin bağırsaklara yerleşmesini önlemekte, bağırsakların çalışmasını düzenlemekte ve kalsiyum, magnezyum gibi mineral maddelerin emilimlerini arttırmaktadır. Kefirin, üretiminde kullanılan süte göre %75 oranında daha az laktoz içermesi laktoz intoleransı olan bireyler tarafından rahatlıkla tüketilmesi imkanını sağlamaktadır (Yalçın ve Işık 2017). Aynı miktarlarda laktoz içeren bazı süt ürünlerinin tüketiminin laktoz sindirimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; laktoz sindirim bozukluğu olan yetişkinlere süt, sade kefir, ahududu aromalı kefir, sade yoğurt ve ahududu aromalı yoğurt verilmiş ve bu ürünlerde β -galaktosidaz aktivitesi ölçülmüştür. Çalışmada süt, sade kefir, ahududu aromalı kefir, sade yoğurt ve ahududu aromalı yoğurta β -galaktosidaz aktivite değerleri sırası ile 0, 5.4, 5.2, 3.4 ve 3.2 ünite olarak tespit

edilmiştir (Hertzler ve Clancy 2003). Başka bir çalışmada koyun sütünden üretilen kefir ve set tipi yoğurt örneklerinin 21 günlük depolama süresince laktoz içeriğindeki değişim incelenmiştir. Depolama süresince kefir ve yoğurt örneklerinde en yüksek laktoz içeriği sırasıyla %4.55 ve %5.65 olarak saptanmıştır. Çalışmada depolama süresince laktoz içeriğinde en fazla azalma %52 oranı ile kefirde tespit edilmiş ve sonuç olarak laktoz intoleransı olan bireyler için kefir tüketiminin yoğurttan daha uygun olduğu belirtilmiştir (Czyżak-Runowska vd. 2022).

Fermantasyon sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan metabolitler, kefirin hem sağlıkla ilgili olumlu özellikler göstermesini hem de karakteristik tat ve aromasının oluşumunu sağlamaktadır (Dinç 2008; Buran 2020). İyi bir kefir akıcı kıvamda, homojen bir yapıda ve parlak görünümde olmalıdır. İçildiğinde hafif maya tadı ve aroması hissedilmeli, serinletici bir his vermelidir (Karatepe ve Yalçın 2014). Günümüzde kefir üretim yöntemlerinde farklılıklar olması ve kullanılan mikroorganizmaların çeşitlilik göstermesi birbirinden farklı nitelikte kefirlerin üretilmesine neden olmaktadır (Erinç 2017). Kefir; sütün kefir danesiyle, kefir danelerinden elde edilen ana kültürle veya ticari liyofilize starter kültürle fermente edilmesiyle geleneksel yöntemlerle ya da endüstriyel olarak üretilmektedir (Akbulut Ataman 2020). Geleneksel yöntemle kefir üretiminde kefir daneleri kullanılmaktadır. Kefir daneleri; %90 su, %6 laktoz, %3 protein, %0.8 mineral madde ve %0.2 yağ içeren, 3-20 mm çapında, sarımsı beyaz renkte karnabahar benzeri görünümde, düzensiz ve elastik yapılardır (Dinç 2008; Arda 2020). Geleneksel yöntemle kefir üretimde, süt genel olarak 85-90°C’de yaklaşık 20 dakika ısıtılmasından sonra 20-25°C’ye soğutulmaktadır. Soğutulan süte %2-10 oranında kefir danesi aşılanıp 18-24 saat inkübe edilmektedir. İnkübasyon sonunda kefir daneleri süzgeç yardımıyla pıhtıdan ayrılarak su ile yıkanmakta ve kefir danelerinden ayrılan kefir, 4°C’de depolanarak tüketime sunulmaktadır (Ötleş ve Çağındı 2003). Kefir daneleri kullanılarak üretilen kefir örneklerinin, dane mikroflorasının değişkenliğine bağlı olarak özellikleri farklılık gösterebilmektedir (Rattray ve O’Connell 2011). Büyük ölçekli üretim yapılmasının zor olması, kefir danelerinin içerdiği mikroorganizma sayısı ve çeşitliliğinin farklı olması, kefir danelerinin süt içerisinde heterojen dağılım göstermesi, kefir danelerinin kefirde ayrılması ve muhafazası aşamalarında mikrobiyal kontaminasyon oluşma riskinin yüksek olması gibi nedenler geleneksel yöntemle kefir üretimi kısıtlamaktadır (Sarıca 2022). Bununla birlikte, ticari kefir starter kültür kullanımının ürün standardizasyonu açısından avantajları, kontaminasyon riskinin düşük olması ve artan talebi daha rahat karşılamak gibi nedenlerden dolayı endüstriyel yöntemle kefir üretimine yönelim artmıştır (Dinç 2008). Kefir starter kültürü üretiminde, kefir danelerinden izole edilen mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Rattray ve O’Connell 2011). Endüstriyel yöntemle kefir üretiminde kurumadde ve yağ standardizasyonu yapılan süte homojenizasyon işleminden (55-60°C’de 150-200 bar) sonra 85-95°C’de 5-30 dakika ısıtılmasından sonra 20-25°C’ye soğutulmaktadır. İnkübasyon sıcaklığına (20-30°C) soğutulan ve kefir starter kültürü ile aşılanan süt, pH değeri 4.5-4.6 oluncaya kadar inkübe edilmektedir. İnkübasyon sonunda elde edilen kefirler ambalajlara doldurularak 4-6°C’de depolanmaktadır (Rattray ve O’Connell 2011, Sarıca 2019). Endüstriyel olarak üretilen kefirin, geleneksel yöntemle üretilene göre daha kıvamlı ve maya tadının daha az olduğu bildirilmektedir (Buran 2020).

Kullanılan sütün türü ve bileşimi, kefir danesini/starter kültürünü oluşturan mikroorganizmaların çeşitliliği, inkübasyon ve depolama koşulları kefirin lezzetini, viskozitesini, mikrobiyal ve kimyasal bileşimini etkilemektedir (Dinç 2008). Sütteki tüm besin öğelerini yapısında bulunduran kefir, başta inek sütü olmak üzere koyun, keçi, manda, eşek ve deve sütleri veya bu sütlerin değişen oranlardaki karışımlarından üretilmektedir. Kefir üretiminde inek sütünden farklı sütler kullanılmasıdaki amaçlar; inek sütü alerjisi olan bireyler için alternatif oluşturmak, kullanılan süt türüne bağlı olarak kefirin antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojenik ve bağışıklık sistemini düzenleyici gibi çeşitli etkileri ile fonksiyonel özelliklerini arttırmak olarak sıralanabilmektedir (Sarica 2019). Ayrıca sütün yapısında bulunan protein ve yağ gibi bileşenler, hayvanların türü, genetik çeşitliliği ile beslenme şekillerine göre değişebilmektedir (Osmanov ve Toxanbayeva 2020).

İnek, koyun ve keçi sütlerinden kefir danesi ile üretilen kefirlerin 4°C'de 21 gün depolanması süresince konjüge linoleik asit (KLA) içeriklerinin incelendiği bir çalışmada; 9cis-11trans KLA izomeri bakımından en yüksek içerik 2.34 mg/g süt olarak koyun sütünde belirlenirken, inek ve keçi sütlerinin KLA içerikleri sırasıyla 0.77 mg/g ve 0.66 mg/g olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince koyun, inek ve keçi sütlerinden üretilen kefir örneklerinin 9cis-11trans KLA izomeri içerikleri ise sırasıyla 3.02 mg/g, 0.80 mg/g ve 0.71 mg/g olarak saptanmıştır (Erinç 2017).

Üretiminde inek, koyun ve keçi sütlerinin kullanımının kefirde laktik asit bakterileri ve maya sayıları üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, koyun sütünün *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* + *Leuconostoc* spp. bakterilerinin gelişmesi için inek ve keçi sütlerine göre daha uygun olduğu ve dolayısıyla üretiminde kullanılan süt türünün kefirin mikrobiyolojik özelliklerini etkilediği belirlenmiştir (Yaman vd. 2010).

Yapılan bir başka çalışmada, koyun, inek, keçi ve deve sütlerinden üretilen kefir ve yoğurtlarda antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde içeriği ve serbest radikal temizleme aktiviteleri 4°C'de 20 günlük depolama süresince ölçülmüştür. Kefir örneklerinin, yoğurt örneklerine göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu farklılığın; mikroorganizma türü ve sayısı ile kefir daneleri ve kefir starter kültüründeki mikroorganizmaların ürettikleri enzim çeşitliliğinden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Koyun ve deve sütlerinden üretilen kefir ve yoğurdun antioksidan aktivitesi değerlerinin, keçi ve inek sütlerinden üretilen örnekler göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, koyun sütünden üretilen kefirin en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu ve bunu sırasıyla inek, deve ve keçi sütlerinden üretilen kefir örneklerinin izlediği saptanmıştır (Baniasadi vd. 2022).

Konu ile ilgili bir başka bir çalışmada ise koyun ve inek sütlerinden kefir danesi ve ticari kefir starter kültürü ile üretilen kefirlerin antioksidan kapasitesi araştırılmıştır. Çalışmada 21 günlük depolama süresince koyun ve inek sütlerinden ticari kefir starter kültürü ile üretilen kefir örneklerinin antioksidan kapasitelerinin sırasıyla 12.66-16.42 mg TE/100 mL ve 12.38-16.03 mg TE/100 mL arasında değiştiği, koyun sütünden üretilen kefir örneklerinin inek sütünden üretilenlere göre daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda kefir örneklerindeki antioksidan kapasite farklılığının, süt proteinlerinin amino asit diziliminden veya sütün yağ içeriğine bağlı olarak yağda çözünen antioksidanların ve yağ globülü membran proteinlerinin aktivitesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Yılmaz-Ersan vd. 2018).

Azizkhanian vd. (2020) yaptıkları çalışmada inek, deve, koyun ve keçi sütlerinden üretilen kefir ve yoğurtların 4°C'de 20 günlük depolanması süresince pH, titrasyon asitliği, organik asit içerikleri ve *Candida albicans*'a karşı antifungal aktiviteleri incelenmiştir. Kefir ve yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin fermantasyon süresi ile doğru orantılı olarak arttığı, pH değerlerinin ise düştüğü belirlenmiştir. Kefir örneklerindeki laktik asit miktarının yoğurt örneklerine göre daha düşük olduğu ve söz konusu durumun bakterilerin heterofermantatif yollarla ürettikleri CO₂'in yoğurtta aşırı asit oluşumuna neden olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Kefir örneklerindeki antifungal aktivitenin yoğurt örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın ilk gününde koyun sütünden üretilen kefirin *C. albicans*'a karşı inhibitör etkisi %90.2 iken bunu sırasıyla deve (%78.4), keçi (%74.5) ve inek (%73.2) sütlerinden üretilen kefir örneklerinin izlediği belirlenmiştir. Depolamanın 20. gününde koyun sütünden üretilen kefirinin *Candida albicans*'a karşı inhibisyon etkisinin %96.5'e ulaştığı saptanmıştır.

Koyun, keçi ve inek sütleri kullanılarak üretilen kefirlerin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek ve en düşük sertlik değerlerinin sırasıyla koyun ve keçi sütlerinden üretilen kefiirlere ait olduğu tespit edilmiştir. Yapılan duyuşal analiz sonucunda koyun ve inek sütlerinden üretilen kefirlerin lezzet puanlarının, keçi sütünden üretilen kefiirlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada koyun sütündeki protein içeriğinin, inek ve keçi sütlerine kıyasla iki kat daha fazla olduğu ve mikrobiyal metabolit oluşumunun kullanılan süt türünden etkilendiği bildirilmiştir (Wszolek vd. 2001).

Koyun sütünden üretilen kefirin 21 günlük depolama süresince fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı kefir starter kültürleri DA ve DC (Kefir DA500 ve Kefir DC500, Danisco-Biolacta Company, Olsztyn, Poland) kullanılmıştır. Kefir starter kültürleri, kefir danesi ve *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Kluyveromyces fragili*, *Candida kefir* mikroorganizmalarının kantitatif bileşimine göre farklılık göstermektedir. DA starter kültürü ile aşıl原因an süt 23°C'de ve DC starter kültürü ile aşıl原因an süt 26°C'de pH değerleri 4.6'ya ulaşana kadar inkübe edilerek kefir üretilmiştir. Çalışma sonucunda her iki kefir örneğinin pH değerinde depolama süresince azalma olduğu ve DA starter kültürle üretilen kefirlerdeki asitlik artışının DC starter kültürüne göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince tespit edilen serbest yağ asitleri miktarının istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı ve DA starter kültürle üretilen kefirlerdeki serbest yağ asidi miktarının DC starter kültürüne göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca 23°C'de inkübe edilen kefirlerdeki serbest yağ asitlerinin miktarının 26°C'de inkübe edilen kefirlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Cais-Sokolińska vd. 2008).

Kefir üretiminde farklı süt türlerinin kullanılması ve farklı inkübasyon sıcaklıklarının neden olduğu ürün reolojisindeki değişimler pompa, boru hattı, mikser, dolum makinası gibi ekipmanların seçiminde etkili olmakta, tüketici beğenisi ve ürün kalitesini etkilemektedir (Magra vd. 2012; Saygılı vd. 2021). Kefirin reolojik özelliklerini; kullanılan sütün türü ve bileşimi, starter kültür çeşidi, fermantasyon koşulları (inkübasyon sıcaklığı, süresi ve çalkalama hızı), ısıtılma işlemdeki sıcaklık-süre normları ve depolama koşulları etkilemektedir (Dimitreli vd. 2013). Kefir danesi ve ticari kefir starter kültürü aşıl原因an inek, koyun ve keçi sütlerinin farklı sıcaklıklarda (20°C, 25°C ve 30°C) 24 saat inkübasyonu ile üretilen kefirlerin mikrobiyal florası ve reolojik

özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, fermentasyon sonrası pH değerlerinin 4.37 ile 4.80 arasında değiştiği ve inkübasyon sıcaklığının artmasıyla kefir örneklerinin pH değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Çalışmada koyun sütünden üretilen kefirlerde en yüksek görünür viskozite değeri kefir danesi ile aşılanıp 30°C’de inkübe edilerek üretilen örneklerde 0.0067 Pa.s olarak tespit edilmiş ve genel olarak tüm örnekler için inkübasyon sıcaklığının artmasına bağlı olarak görünür viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. İnek ve keçi sütlerinden kefir danesi aşılanarak üretilen kefir örneklerinde inkübasyon sıcaklığının artması ile kıvam katsayısı değerlerinin arttığı, koyun sütünden kefir danesi aşılanarak üretilen kefir örneklerinde ise inkübasyon sıcaklığının artması ile kıvam katsayısı değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Kefirde istenilen kıvam özelliklerinin elde edilmesinde inkübasyon süresi ve sıcaklığının önemli olduğu belirtilmiştir (Saygılı vd. 2021).

Kullanılan süt türünün yanı sıra sütün bileşimini oluşturan makro bileşenler de fermente süt ürünlerinin yapısal ve duyuşal özelliklerini etkilemektedir. Sütün yağ içeriği, fermente süt ürünlerinin verimliliğini arttırmakta, yapı, tat ve aroma oluşumunu sağlamakta ve besleyici özelliklerini desteklemektedir. Süt yağı, sütün sulu fazında membranla çevrilmiş olan birkaç mikron çapında yağ globülleri şeklinde bulunmaktadır. Süt yağı globülü, teknolojik ve biyolojik önemi olan sütün önemli yapısal bileşenlerinden biridir (Moatsou ve Sakkas 2019). Süt yağ globüllerinin boyutu; mevsim, beslenme, laktasyon dönemi, yaş, ırk gibi çevresel etmenlerden etkilenmekle birlikte, 1-10 µm arasında değişmektedir (Özer 2006). Koyun sütünün yağ globül çapı yaklaşık 3.5 µm'dir. Süt yağ globüllerinin bileşimini trigliseritler, triaçilgliseroller, polar fosfolipidler ve glikolipidlerin yanı sıra steroller, karotenoidler ve yağda çözünen vitaminler oluşturmakta ve bu yapı süt yağı globül membranı tarafından korunmaktadır (Moatsou ve Sakkas 2019). Süt yağı globül membranı, süt yağı globüllerinin topaklanmasını ve birleşmesini önleyen ve aynı zamanda yağı enzimatik etkiye karşı koruyan doğal bir emülsifiye edici madde olarak işlev görmektedir (Cano-Ruiz ve Richter 1997). Kalınlığı 5-10 nm olan ve fosfolipit-protein kompleksinden oluşan süt yağı globül membranı aracılığıyla süt yağı ve süt proteinleri arasındaki tüm etkileşimler gerçekleşmektedir. Süt ürünlerinin fizikokimyasal, duyuşal ve reolojik özellikleri içerdiği yağ globüllerinin boyutundaki farklılıklar ve membranın bileşimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Sfakianakis ve Tzia 2014; Yalçın 2016). Yağ globül boyutundaki değişikliklerde ve protein-lipit interaksiyonlarında süte uygulanan ısıtma, karıştırma, homojenizasyon gibi işlemler etkili olmaktadır (Gürsoy vd. 2003).

2.3. Homojenizasyon

Fermente süt ürünlerinin kalitesi, sütün elde edildiği hayvanın türü ve uygulanan teknolojik süreçlerle bağlantılı olarak birçok faktörden etkilenmektedir (Bonczar vd. 2016). Süte uygulanan teknolojik işlemlerden biri olan homojenizasyon işlemi, homojenizatörde belirli bir sıcaklık değerinde basınç etkisiyle sağlanan mekanik gücün, yağ globüllerinin etrafını saran süt yağı globül membranını hasara uğratarak yağ globüllerini parçalaması ilkesine dayanmaktadır (Biasutti vd. 2013). Homojenizatörde, homojenizasyon başlığı içerisinde silindirik bir çember vasıtasıyla sarılan ve sütün çok ince bir iplikçik halinde geçebileceği yarı genişliği 300 µm olan bir kanal bulunmaktadır. Süt, bu kanala 0.3-3.5 m/s bir hızla gelmekte ve kanala girdiğinde hızı artarak 100-250 m/s ulaşmaktadır. Giriş basıncı 0.8-2.2 kg/cm², çıkış basıncı ise 100-200 kg/cm² arasında değişmektedir. Bu durum; yüksek bir kesme gücüne, globüllerde

kavitasyon oluşumuna ve mikro türbülans bir akışa neden olmaktadır. Yağ globülleri önce deforme olarak uzamakta sonra dalgalanarak parçalara ayrılmaktadır (Metin 2013).

Homojenizasyon işlemi sonucunda yağ globüllerinin boyutu 1 µm'nin altına kadar düşmekte ve globüllerin aglütinasyon oluşturma yetenekleri zayıflamaktadır. Boyutları küçülen yağ globüllerinin dış yüzeyinde yer alan membran parçalanmakta ve yeni yağ globülleri ile kazein miselleri arasında adsorbsiyon temeline dayalı fiziksel bir bağlantı meydana gelmektedir (Özer 2006). Homojenizasyon işlemi sonrası, yeni oluşan yağ globüllerinin üzeri yağ globül membranı ile kaplansa da homojenizasyon işlemiyle yaklaşık 10 kat artan yüzey alanı için bu membran yeterli gelmemektedir (Metin 2013). Oluşabilecek ani bir membran bozulmasında, yağ-plazma arası gerilimin artması sonucu plazmadaki amfilik moleküller yağ globülüne yapışarak bu gerilimi azaltmaktadır. Homojenizasyon işlemi sonrası oluşan ikincil membran, temel olarak peyniraltı suyu proteinleri ve kazein misellerinden oluşmakla birlikte ilk membrandan daha farklı özelliklerdeki fosfolipid ve lipoprotein komplekslerini de içermektedir. İkincil membran, ilk membrana göre bileşim, yapı ve fonksiyonellik açısından farklılık göstermektedir (Akıncıoğlu 2007).

Homojenizasyon işlemiyle parçalanmış yağ globüllerinin artan yüzey alanında özellikle kazein miselleri ve alt miselleri gibi yüzey aktif maddeler adsorbe olmaktadır (Kelgökmen 2022). Emülsiyonda birim yağ yüzeyi alanına adsorbe olmuş proteinlerin oranları farklılık göstermektedir. Yağ globülünde; 20 mg/m² yağsız süt, 40 mg/m² kazein misel süspansiyonu, 5 mg/m² alt misel süspansiyonu ve 1 mg/m² peyniraltı suyu proteini çözeltisi bulunmaktadır. Küçük yağ globüllerinde alan başına düşen protein miktarının büyük yağ globüllerine göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Akıncıoğlu 2007).

Homojenizasyon işleminin etkinliğini; homojenizasyon sıcaklığı, basıncı ve homojenizatör başlığının tasarımı gibi faktörler etkilemektedir (Metin 2013). Homojenizasyon işleminin verimliliği yağ globüllerinin ortalama çapları ile ölçülmekte ve genel olarak 175 bar'ın üstünde basınç uygulanan homojenizasyon işlemlerinde küçük yağ globülleri elde edilebilmektedir (Tamime ve Robinson 2006). Homojenizasyon işleminin sıcaklığı, etkili bir homojenizasyon işlemi için oldukça önem taşımakta ve sıcaklık arttıkça yağ globüllerinin birleşmesi azalmaktadır (Metin 2013). Genel olarak homojenizasyon işleminin uygulama sıcaklığı 40-75°C olarak önerilmektedir. Ayrıca 40°C'den daha düşük sıcaklıklarda yağın bir kısmının kristal formda kalması nedeniyle homojenizasyon işleminin verimliliğinin düştüğü, 70°C'den yüksek sıcaklıklarda ise homojenizasyon işleminin verimliliğinin değişmediği belirtilmektedir (Walstra vd. 1999). Homojenizasyon işleminin etkinliği, homojenizasyon işleminin ısı işleminden önce ya da sonra yapılmasına bağlı olarak da değişebilmektedir (García-Risco vd. 2002). Homojenizasyon işlemi uygulanmış süte ısı işlem uygulandığında peyniraltı suyu proteinleri yağ globülleri yüzeyinde adsorbe edilen misellere bağlanmakta ve bu da misellerin yeniden düzenlenmesine neden olmaktadır. Ancak süte homojenizasyon işlemi uygulanmadan önce ısı işlem uygulanırsa denatüre olan peyniraltı suyu proteinleri kazein miselleri ile birleşmektedir. Sonrasında uygulanan homojenizasyon işlemiyle bu kompleksler yeni oluşan yağ yüzeyinde adsorbe olmaktadır. Homojenizasyon işlemi ile ısı işleminin sırası farklı protein interaksiyonlarına ve dağılımlarına neden olarak proteinlerin stabilitesini ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir (García-Risco vd. 2002). Yağ globüllerinin boyutunun değişiminde homojenizasyon işlemi basıncı ve sıcaklığı gibi faktörlerin yanı sıra homojenizasyon işleminin kaç adımda tamamlandığı

(tek kademeli veya iki kademeli olarak) da etkili olmaktadır (Kelgökmen 2022). Homojenizasyon işleminden sonra yağ globüllerinin yeniden kümeleşmesi ihtimaline karşı “iki kademeli (aşamalı) homojenizasyon işlemi” adı verilen ikinci bir homojenizasyon işlemi daha uygulanmaktadır. İki kademeli homojenizasyon işleminde, ilk kademede $150\text{--}200\text{ kg/cm}^2$ basınç altında parçalanmış yağ globüllerine ikinci kademede $20\text{--}40\text{ kg/cm}^2$ basınç uygulanarak homojenizasyon işleminin etkinliği artırılabilir (Metin 2013).

Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada homojenizasyon işlemi basıncının ve ısı işlem sıcaklığının süt yağ globülü membran proteinleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, %1.5 ile %3.0 oranlarında yağ içeren sültere 65°C 'de 30 dakika ve 85°C 'de 20 dakika ısı işlem uygulandıktan sonra 30, 60 ve 90 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Homojenizasyon işlemini takiben sülter soğutulduktan sonra yağ ve serum fazları santrifüj ile ayrılmıştır. Sültere 30, 60 ve 90 MPa basınç değerlerinde uygulanan homojenizasyon işlemiyle yağ globülleri yüzey alanı başına düşen protein miktarları sırasıyla 6.12 mg/m^2 , 9.79 mg/m^2 ve 11.88 mg/m^2 olarak tespit edilmiştir. Yağ globülleri yüzey alanı başına düşen protein miktarının homojenizasyon işleminde uygulanan basıncın artmasıyla arttığı, ancak ısı işlem sıcaklığının artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmış sütte yağ globül membranını oluşturan proteinlerin bileşiminin süte uygulanan homojenizasyon işleminden ve yağ içeriğinden etkilenmediği saptanırken, homojenizasyon işleminden önce uygulanan ısı işlemdeki sıcaklık-süre normlarındaki değişimin söz konusu protein bileşimini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği belirtilmiştir. Isı işlemin 85°C 'de uygulandığı sülterde yağ globülü membranının protein bileşiminde α -laktalbumin ve β -laktoglobulin miktarının 65°C 'de ısı işlem uygulanan sültere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Cano-Ruiz ve Richter 1997). Nguyen vd. (2015) 8 ile 16 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uyguladıkları sülterdeki yağ globüllerinin boyut dağılımını, yüzey alanını ve mikro yapısını incelemiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan sütün ve 8 ile 16 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan sülterin D[4,3] değerlerinin sırasıyla $5.3\text{ }\mu\text{m}$, $1.6\text{ }\mu\text{m}$ ve $1.0\text{ }\mu\text{m}$, spesifik yüzey alanı değerlerinin ise sırasıyla $1.6\text{ m}^2/\text{g}$, $14\text{ m}^2/\text{g}$ ve $20\text{ m}^2/\text{g}$ olduğu tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlemi basıncındaki artışın yağ globül boyutunu azalttığı ve spesifik yüzey alanı değerlerini artırdığı belirtilmiştir.

Homojenizasyon işlemi son ürün kalitesini etkileyen önemli bir teknolojik işlemdir. Homojenizasyon işleminde uygulanan basınç ve sıcaklık değişimleri; yağ globüllerinin yapısı, sütün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile fermente süt ürünlerinin tat-aroma, renk, kıvam, serum ayrılması ve titrasyon asitliği gibi bazı kalite parametreleri üzerine etkili olmaktadır. Homojenizasyon işlemiyle yağ globülleri daha küçük parçalara ayrılmakta ve buna bağlı olarak yüzey alanında meydana gelen artış, sütün daha lezzetli algılanmasını sağlamakta ve süt yağı daha kolay sindirilebilmektedir. Fermente süt ürünlerinde homojenizasyon işlemiyle yapı düzelmekte, viskozite artmakta ve daha stabil bir asit jeli oluşmaktadır (Özünlü ve Koçak 2010; Metin 2013). Ayrıca homojenizasyon işleminde uygulanan basıncın etkisiyle parçalanmış yağ globülü ve yağ globül membranında yer alan serbest yağ asitleri serum fazına geçerek asitliğin artmasına neden olmaktadır (Atamer vd. 1992).

Süte homojenizasyon işleminden önce veya sonra uygulanan ısı işlemin, D-glukono-delta-lakton ile asitliğin yükseltilmesiyle pıhtı oluşumuna etkisinin araştırıldığı

bir çalışmada, sütün bir kısmına önce 345 bar basınçta homojenizasyon işlemi ve ardından 85°C’de 5 dakika ısıtım uygulanmıştır. Diğer kısım süte ise önce 85°C’de 5 dakika ısıtım işlemi ve takiben 345 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Homojenizasyon işlemi ve ısıtım işlem uygulamalarından sonra sütlere %1 oranında D-glukono-delta-lakton eklenerek asit jeli oluşumu sağlanmıştır. Homojenizasyon işleminden önce ısıtım işlem uygulanan sütlerde asit jeli oluşum pH değeri 5.35 iken, homojenizasyon işleminden sonra ısıtım işlem uygulanan sütlerde söz konusu değerin 5.20 olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon işleminden önce ve sonra ısıtım işlem uygulanan sütlerden üretilen asit jellerinin depo modül (G’) değerlerinin sırasıyla 241.50 ve 126.10 Pa olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumunun, homojenizasyon işlemi öncesi ısıtım işlem uygulanan sütlerde çözünür peyniraltı suyu proteinlerinin ikincil protein membranı ile çevrelenmiş yağ globülleri ile daha fazla etkileşim içinde olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Ion-Titapiccolo vd. 2013).

Tribst vd. (2020) yaptıkları çalışmada, 7°C’de 4 gün bekletilmiş veya -18°C’de 1 ay dondurulduktan sonra çözündürülmüş koyun sütlerine ev tipi blender (Model B1000, Britânia, Brasil) ile düşük hızda karıştırma işlemi (45°C’de 1200 W’da 2 dk) ve homojenizasyon işlemi (45°C’de 3.5 MPa basınç) uyguladıktan sonra söz konusu sütlerden set tipi yoğurt üretmişlerdir. Donmuş/çözündürülmüş sütlerden üretilen yoğurtların sertlik değerlerinin, soğukta depolanmış sütlerden elde edilen yoğurtlara göre düşük olduğu saptanmıştır. Karıştırma ve homojenizasyon işlemlerinin, sütün yapısını değiştirdiği, fermantasyon sırasında süt yağının üstte birikimini azalttığı ve yoğurt örneklerinin sertlik değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Süt saklama koşullarına bakılmaksızın homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen yoğurtların daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Üretimindeki kullanılan süte uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değerinin set tipi yoğurtlar üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada; homojenizasyon işlemi uygulanmamış ve 60°C’de 50, 100, 150 ve 200 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmış sütler 85°C’de 20 dakika ısıtım işlemi tabi tutulmuştur. Isıtım işlem sonrası 44°C’ye soğutulan sütler %2 oranında yoğurt starter kültürü aşılanıp pH değerleri 4.7’ye düşünceye kadar inkübe edilmiştir. Üretilen yoğurt örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri incelenmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmamış ve 50, 100, 150 ve 200 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerde 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 derecesinin homojenizasyon işlemi basıncının artışıyla arttığı belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği, pH, proteoliz değerleri ile küf ve laktik asit bakteri sayıları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı saptanmıştır. Ayrıca genel olarak süte uygulanan homojenizasyon işlemi basıncının artmasıyla yoğurtların duyu özelliklerinin geliştiği ve 15 MPa’da homojenizasyon işlemi uygulanmış süttten üretilen örneklerin diğer örneklere göre daha fazla beğenildiği belirtilmiştir (Tunçtürk vd. 2000).

Süte uygulanan homojenizasyon işleminin kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, tek veya çift kademeli olmak üzere dört farklı basınçta (15, 15/5, 30 ve 30/5 MPa) homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefirlerin söz konusu özellikleri 4°C’de 30 günlük depolama süresince belirlenmiştir. Süte uygulanan homojenizasyon işleminin basıncının artması ve tek kademeli yerine çift kademeli olarak homojenizasyon işleminin

uygulanmasıyla D[4,3] ve D[3,2] değerlerinin azaldığı, spesifik yüzey alanı değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. Kefir örneklerinde depolama süresi sonunda pH, viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı değerleri ile laktobasil, laktokok, toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya sayılarının azaldığı belirlenmiştir. Örneklerdeki en yüksek viskozite, tiksotropi ve kıvam katsayısı değerleri, tek kademeli olarak 15 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinde; en yüksek laktobasil, laktokok ve maya sayıları ise homojenizasyon işlemi uygulanmayan süttten üretilen kefir örneklerinde saptanmıştır. Kefir üretiminde kullanılan süte tek kademeli olarak ve 15 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmasının, kefirin yapı ve kıvam özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Süte uygulanan homojenizasyon işleminin, fermente ürünlerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin homojenizasyon işleminin koşullarına (homojenizasyon basıncı, kademesi, sıcaklığı vb.) bağlı olarak değişebildiği belirtilmiştir (Ergin vd. 2017).

Süte 15, 17, 19 ve 21 MPa basınç değerlerinde uygulanan homojenizasyon işleminin farklı inkübasyon sıcaklığı (20, 24 ve 28°C) ve sürelerde (18, 24 ve 30 saat) üretilen kefirlerin reolojik özellikleri ile içerdikleri ekzopolisakkarit (EPS) miktarları üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, homojenizasyon işlemi basınç değerinin 19 MPa'a kadar artırılmasıyla kefirin elastikiyetini gösteren depo modülü (G'), viskoz özelliğini gösteren kayıp modülü (G'') ve deformasyona karşı toplam dayanıklılığı ifade eden kompleks viskozite (η) değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Süte uygulanan homojenizasyon işlemindeki basıncın 21 MPa çıkarılmasıyla, kefir örneklerinin G', G'' ve η değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Söz konusu durumun homojenizasyon işlemi sırasında uygulanan yüksek basınç etkisiyle yağ globüllerinin süt içinde aşırı dağılmasından ve kefirde sert bir yapının oluşması için gereken serbest kazein miktarının azalmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada süte uygulanan homojenizasyon işlemi basıncının kefirlerdeki EPS miktarı üzerine istatistiksel olarak etkisinin önemli düzeyde olmadığı belirtilmiştir (Bensmira vd. 2010).

Koyun sütüne uygulanan homojenizasyon işlemi ve ısıtıl işlemin sütün dinamik *in vitro* simüle mide ortamında sindirimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; sütlere homojenizasyon işlemi ile iki farklı sıcaklık-süre normunda ısıtıl işlem uygulanarak sütün pıhtılaşması ve pıhtı yapısı, protein hidrolizi, protein ve yağ salınımı gibi simüle mide ortamında sindirim davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada dört farklı koyun sütü örneği kullanılmıştır. Bunlar; çiğ süt, pastörizasyon işlemi uygulanmış süt (75°C'de 5 s pastörizasyon işlemi uygulanmış süt), homojenizasyon işlemi-pastörizasyon işlemi uygulanmış süt (önce 65°C'de 200/20 bar basınçta homojenizasyon işlemi sonrasında 75°C'de 5 s pastörizasyon işlem uygulanmış süt) ve homojenizasyon işlemi-ısıtıl işlem uygulanmış süt (önce 65°C'de 200/20 bar basınçta homojenizasyon işlemi sonra 95°C'de 5 dk ısıtıl işlem uygulanmış süt) örnekleridir. Çalışma sonucunda homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerin simüle mide ortamındaki pepsin ile etkileşimi sonucunda oluşan pıhtıların yapısına daha küçük yağ globüllerinin dahil olduğu ve buna bağlı olarak söz konusu pıhtıların homojenizasyon işlemi uygulanmamış sütlerden oluşan pıhtılara göre çok daha gevşek ve parçalı bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlemi-ısıtıl işlem uygulamasının yapıldığı sütlerden elde edilen pıhtıda daha fazla denatüre peyniraltı suyu proteini olmasından dolayı homojenizasyon işlemi-pastörizasyon işlemi uygulamasının yapıldığı sütlerden elde edilenlere göre daha fazla ufalanan bir yapı oluştuğu bildirilmiştir. Elde edilen pıhtıların farklı oranda ayrışmasına bağlı olarak

protein hidrolizini ve mide boşalma hızını etkilediği belirtilmiştir. Pıhtılardan protein, yağ ve kalsiyum salınımının homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerde homojenizasyon işlemi uygulanmamış sütlerle göre daha hızlı gerçekleştiği ve homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerin simüle mide ortamında daha yüksek oranda yağ ve protein bulunmasına yol açtığı bildirilmiştir. Çalışmada homojenizasyon işlemi ve ardından ısıtma işlemi uygulanmış koyun sütünün hızlı protein sindirimi nedeniyle kas gelişimini arttırarak yaşlı bireyler ve sporcular için faydalı olabileceği değerlendirilmiştir (Pan vd. 2021).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Kefir üretiminde kullanılan koyun sütü Burdur Süt Ürünleri (Antalya, Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Kefir üretimi için kullanılan kefir starter kültürü (Kefir D) Danisco-Türker Endüstri Teknik Makina ve Ticaret Limited Şirketi (İstanbul, Türkiye)'den satın alınmıştır. Koyun sütünden kefir üretimi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

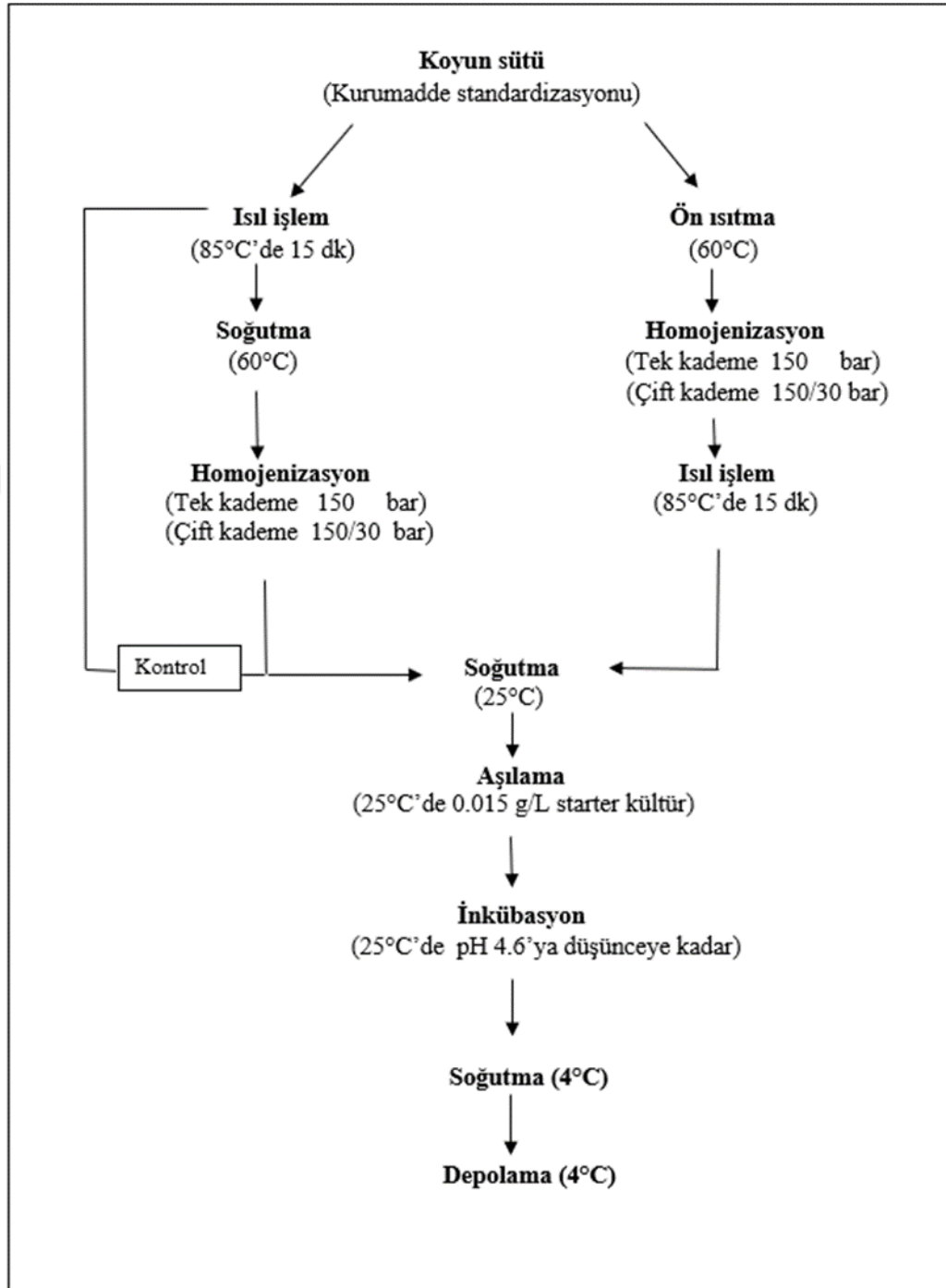
3.2. Metot

3.2.1. Kefir üretimi

Kefir üretimine ait akım şeması Şekil 3.1'de verilmiştir. Kefir üretiminde kullanılan koyun sütünün toplam kurumadde miktarı içilebilir nitelikteki su ile %8'e standardize edilmiştir. Kurumadde miktarı standardize edilen koyun sütleri iki kısma ayrılmıştır. Birinci kısım süt, Kessler (1997)'e göre peyniraltı suyu proteinlerinin yaklaşık %85'inin denatürasyonu için 85°C'de 15 dakika ısıtılma tabi tutulduktan sonra 60°C'ye soğutulmuş tek kademeli (150 bar) ve çift kademeli (150/30 bar) olmak üzere iki farklı basınç değerinde laboratuvar ölçekli homojenizatör (Buffalo series Homolab 2, H.P. Homogenizers FBF, Parma, İtalya) kullanılarak homojenize edilmiştir (Şekil 3.2). Homojenizasyon işleminden sonra sütler 25°C'ye soğutulmuştur. Diğer kısım süt ise 60°C'ye ısıtılarak tek kademeli (150 bar) ve çift kademeli (150/30 bar) olmak üzere iki farklı basınç değerinde homojenize edilmiş ve 85°C'de 15 dakika ısıtılma tabi tutulduktan sonra 25°C'ye soğutulmuştur. Soğutulan sütlere 0.015 g/L miktarında kefir starter kültürü aşılanmış ve sütler pH değerleri 4.6'ya ulaşınca kadar 25°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 4°C'ye soğutulan kefir örnekleri 30 gün süresince bu sıcaklıkta depolanmıştır. Çalışmanın kontrol grubunu homojenizasyon işlemi uygulanmayıp kurumadde miktarı %8'e standardize edilen koyun sütünden üretilen kefir örnekleri oluşturmuştur. Üretilen kefir örnekleri Çizelge 3.1'de belirtildiği şekilde kodlanmıştır.

Çizelge 3.1. Kefir örneklerinin kodlandırılması

Örnek kodu	
A	Kontrol örneği (homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği)
B	Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süttten üretilen kefir örneği
C	Isıl işlem öncesi ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 30 bar basınçta olmak üzere iki kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmış süttten üretilen kefir örneği
D	Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süttten üretilen kefir örneği
E	Isıl işlem sonrası ilk kademedede 150 bar, ikinci kademedede 30 bar basınçta olmak üzere iki kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmış süttten üretilen kefir örneği



Şekil 3.1. Kefir üretimi akım şeması



Şekil 3.2. Homojenizasyon ünitesi

Sütlere uygulanan ısıl işlem, plakalı ve borulu ısı değıştirici düzeneklerini içeren ve 5 L süt kazanı kapasiteli laboratuvar tipi ısıl işlem ünitesinde (LSP, Maksüt Endüstriyel Gıda Makinaları San. Tic. Ltd. Şti., Antalya, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Bu ünite de sütlere istenilen sıcaklık ve sürede ısıtma ve soğutma işlemi uygulanabilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Isıl işlem ünitesi

3.2.2. Fizikokimyasal Analiz Yöntemleri

3.2.2.1. Sütte yapılan fizikokimyasal analizler

3.2.2.1.1. Kurumadde tayini:

Sütlerde kurumadde miktarı, TS 1018 Çiğ Süt Standardında verilen metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994).

3.2.2.1.2. Yağ tayini:

Sütlerin yağ miktarı, bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile saptanmıştır (Anonim 1995).

3.2.2.1.3. Protein tayini:

Kefir üretiminde kullanılan sütlerin azot miktarı, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve elde edilen değerler 6.38 ile çarpılarak protein miktarı hesaplanmıştır (Kurt vd. 1993).

3.2.2.1.4. pH tayini:

Sütlerin pH değeri, Orion 2 Star (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Almanya) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.1.5. Titrasyon asitliği tayini:

Sütlerin titrasyon asitliği değeri, TS 1018 Çiğ Süt Standardında belirtilen Soxhlet-Henkel yöntemi ile belirlenmiş ve sonuçlar %laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Anonim 1994).

3.2.2.1.6. Kül tayini:

Sütlerin kül miktarı, gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

3.2.2.1.7. Partikül boyutu analizi:

Sütlerin partikül boyutu, Jensen vd. (2010)'un belirttikleri metoda göre lazer kırınımı prensibiyle çalışan Malvern Mastersizer 2000S (Malvern Instruments Ltd, Wores, İngiltere) kullanılarak saptanmıştır.

3.2.2.2. Kefirde yapılan fizikokimyasal analizler

Kefir örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları depolamanın 1. gününde; pH, titrasyon asitliği ve serum ayrılması değerleri ile reolojik ve görsel özellikleri ise depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde belirlenmiştir.

3.2.2.2.1. Kurumadde tayini:

Kefir örneklerinin kurumadde miktarı, TS 1018 Çiğ Süt Standardına göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994).

3.2.2.2.2. Yağ tayini:

Kefir örneklerinin yağ miktarı, bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile tespit edilmiştir (Anonim 1995).

3.2.2.2.3. Protein tayini:

Kefir örneklerinin azot miktarı, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve elde edilen değerler 6.38 ile çarpılarak protein miktarı hesaplanmıştır (Kurt vd. 1993).

3.2.2.2.4. Kül tayini:

Kefir örneklerinin kül miktarı, gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

3.2.2.2.5. pH tayini:

Kefir örneklerinin pH değeri, Orion 2 Star marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2.6. Titrasyon asitliği tayini:

Erlen içerisine kefir örneğinden 10 g tartılıp üzerine 10 mL saf su eklenmiş ve üzerine 1 mL %2'lik fenolfitalein belirteç çözeltisinden ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile kaybolmayan hafif pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonrası harcanan alkali miktarından örneklerin %titrasyon asitliği değeri hesaplanmıştır (Kurt vd. 1993).

3.2.2.2.7. Serum ayrılması:

Kefir örneklerinin serum ayrılması değerleri Amatayakul vd. (2006)'nin belirttikleri yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2.8. Reolojik parametreler:

Kefir örneklerine ait reolojik parametreler, Tratnik vd. (2006)'nın belirttikleri yöntemle göre belirlenmiştir. Örneklerin reolojik ölçümleri, Brookfield R/S plus reometre (Brookfield, Middleboro, MA, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde çift boşluklu eş merkezli silindir geometrisine (double gap concentric cylinder geometry-DG 3) sahip prob 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 başlanmıştır. Kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülmüştür. Kayma hızı 0.1'den 300'e 1/saniye arttırılarak 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 üslü yasa modeline göre Rheo3000 (Rheotec Messtechnik GmbH, Berlin, Almanya) yazılımı ile belirlenmiştir.

3.2.2.2.9. Görüntüleme analizi:

Kefir örneklerindeki granüllü yapının belirlenmesinde, granül sayısı ve granül çevre uzunluğu olmak üzere iki parametre kullanılmıştır. Söz konusu parametreler, görüntüleme analizi ile Küçükçetin vd. (2009)'un belirttikleri yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Görüntüleme analizinde Bs200 (BAB Image Analysing Systems Inc., Ankara) yazılımı kullanılmış ve granül sayısını belirlemede 3 mL kefir örneğinde çevre uzunluğu 1.0 mm'den büyük olan granüller dikkate alınmıştır. Kefir örneklerinin görsel pürüzlülüğünün belirlenmesinde kefirdeki granüllü yapı analizindeki dijital görüntüler kullanılmıştır. Söz konusu kefir görüntülerinin renk yoğunluk dağılımının belirlenmesi prensibine dayanan görsel pürüzlülük analizinde Küçükçetin (2008)'in geliştirdiği eşitlik kullanılmıştır. Görüntüleme analizinde kullanılan kefir fotoğrafları, dijital görüntüleme

kabini (B430, Sanoto, Guangdong, Çin) içinde sabit ışık altında dijital fotoğraf makinası (EOS 450D, Canon, Tokyo, Japonya) ile çekilmiştir.

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Koyun sütünden üretilen kefir örneklerinin mikrobiyolojik analizleri depolamanın 1. gününde yapılmıştır.

3.2.3.1. Seri dilüsyonların hazırlanması:

Kefir örneklerinde mikrobiyolojik ekimler yapılmadan önce 1/4 kuvvetinde ringer çözeltisi kullanılarak aseptik şartlar altında uygun desimal seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Anonymous 2001).

3.2.3.2. Maya sayısı:

Maya sayımında Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) agar, besi ortamı olarak kullanılmış ve yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petri kutuları aerobik ortamda 25°C'de 3-5 gün süreyle inkübe edilmiştir (Witthuhn vd. 2005).

3.2.3.3. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı:

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımında Plate Count Agar (PCA), besi ortamı olarak kullanılmış ve yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petri kutuları aerobik ortamda 30°C'de 2 gün süreyle inkübe edilmiştir (Mainville vd. 2001).

3.2.3.4. Laktobasil Sayımı:

Laktobasil sayısı, De Man Rogosa Sharp (MRS) agar besi ortamından yararlanılarak ve Irigoyen vd. (2005) tarafından belirtilen yöntemin modifiye edilmiş hali kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu analiz, dökme plak kültürel sayım yöntemi ile yapılmış olup inkübasyon anaerobik ortamda (%5 CO₂) 30°C'de 3 gün süresince gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.5. Laktokok Sayımı:

Laktokok sayısı, M17 agar besi ortamında Irigoyen vd. (2005)'in belirttikleri yöntemin modifiye edilmiş hali kullanılarak yapılmıştır. Dökme plak kültürel sayım yönteminin kullanıldığı söz konusu analizde inkübasyon anaerobik ortamda (%5 CO₂) 30°C'de 2 gün süresince gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.6. Lökonostok Sayımı:

Lökonostok sayımında Mayeux, Sandline and Elliker (MSE) agar besi ortamından yararlanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemi ile ekim yapılan petri kutuları aerobik ortamda 22°C'de 4-5 gün süresince inkübe edilmiştir (García Fontán vd. 2006).

3.2.3.7. Asetik Asit Bakterisi Sayımı:

Asetik asit bakterisi sayımında Acetobacter Peroxydans Medium (APM) agar selektif besi ortamından yararlanılmıştır. Söz konusu besiyerinin hazırlanmasında 15 g malt ekstrakt, 5 g maya ekstraktı ve 15 g agar 940 mL distile su içinde çözündürüldükten sonra 121°C'de 15 dakika otoklavlanarak steril edilmiştir. Analizde 60 mL %50'lik etanol çözeltisi steril 0.45 µm gözenek çapına sahip PVDF (Polivinilidin florür) filtreden (Milipore, Ontario, Kanada) geçirildikten sonra sterilizasyonu takiben dökme sıcaklığına getirilen agara ilave edilmiştir. Analiz dökme plak kültürel sayım yöntemi ile yapılmış olup inkübasyon aerobik ortamda 25°C'de 3-5 gün süreyle gerçekleştirilmiştir (Witthuhn vd. 2005).

3.2.3.8. Koliform Bakteri Sayımı

Koliform grubu bakterilerin sayımında Violet Red Bile (VRB) agar besi ortamı olarak kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemi ile ekim yapılan petri kutuları aerobik ortamda 37°C'de 2 gün süreyle inkübe edilmiştir (Anonymous 1998).

3.2.4. Duyusal Analizler

Koyun sütünden üretilen kefirlerin duyusal olarak değerlendirilmesi, Vianna vd. (2017)'nin belirttikleri yöntemin modifiye edilmiş hali kullanılarak Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisans/lisansüstü öğrencileri ve akademik personelinden rastgele seçilmiş 80 eğitimsiz panelist grubu tarafından Çizelge 3.2'de gösterilen değerlendirme tablosu ve Çizelge 3.3'de belirtilen değerlendirme kriterlerine göre gerçekleştirilmiştir (Ertekin-Güzel Seydim 2010). Kefir örnekleri polietilen kaplarda 15°C'de servis edilmiştir. Ayrıca panelistlere her bir kefir örneğinin değerlendirilmesi sonrasında tuzsuz kraker ve oda sıcaklığında içme suyu ikram edilmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde kefir örneklerinin duyusal özellikleri görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat açısından hedonik tip skala esas alınarak 9 puan (1: aşırı kötü, 9: mükemmel) üzerinden değerlendirilmiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analizler

Araştırma 2 tekerrürlü olarak yapılmış olup, analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler SAS 9.0 (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, Amerika Birleşik Devletleri) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve farklı bulunan sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd. 1987).

Çizelge 3.2. Kefir örneklerinin duyuşal niteliklerinin değerdendirilme tablosu

Örnek no	Skala/parametre	Çok fazla beğendim (9)	Çok beğendim (8)	Orta derecede beğendim (7)	Az beğendim (6)	Ne beğendim ne beğenmedim (5)	Biraz beğenmedim (4)	Orta derecede beğenmedim (3)	Çok beğenmedim (2)	Hiç beğenmedim (1)
Örnek 1	Görünüş									
	Koku									
	Yapı ve tekstür									
	Tat									
Örnek 2	Görünüş									
	Koku									
	Yapı ve tekstür									
	Tat									
Örnek 3	Görünüş									
	Koku									
	Yapı ve tekstür									
	Tat									
Örnek 4	Görünüş									
	Koku									
	Yapı ve tekstür									
	Tat									
Örnek 5	Görünüş									
	Koku									
	Yapı ve tekstür									
	Tat									

Çizelge 3.3. Kefir örneklerini duyuşal olarak değerdendirme kriterleri

Kriterler	
Görünüş	Kremşı beyaz renkte, hafif köpüklü bir görünüşte olmalıdır.
Koku	Hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü, hoşı giden fermente koku olmalıdır.
Yapı-Tekstür	Partikül içermeyen homojen bir yapıda olmalı, ağızda dolgunluk hissi vermeli, yoğun ayran kıvamında olmalı ve serum ayrılması olmamalıdır.
Tat	Hoşı giden kendine özgü, hafif geniz yakıcı fermente tat olmalıdır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sütte yapılan analizlere ait sonuçlar

Çalışmada kullanılan koyun sütü ve kurumadde miktarı standardize edilmiş koyun sütüne ait ortalama kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları ile titrasyon asitliği ve pH değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kefir üretiminde kullanılan koyun sütü ve kurumadde miktarı standardize edilmiş koyun sütüne ait kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları ile titrasyon asitliği ve pH değerleri

Özellik	Koyun sütü	Standardize koyun sütü
Kurumadde (%)	18.12 ± 0.05	8.13 ± 0.03
Yağ (%)	7.03 ± 0.05	3.13 ± 0.05
Protein (%)	5.92 ± 0.04	3.28 ± 0.04
Kül	0.83 ± 0.00	0.40 ± 0.00
Titrasyon asitliği (%laktik asit)	0.28 ± 0.00	0.10 ± 0.00
pH	6.65 ± 0.00	6.91 ± 0.00

Kurumadde miktarları standardize edilip ısıtma işlemi öncesi ve ısıtma işlemi sonrası farklı basınçlarda homojenizasyon işlemleri uygulanan sütlerin partikül boyutlarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan süt örneği ile ısıtma işlemi öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süt, ısıtma işlemi öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmış süt, ısıtma işlemi sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süt ve ısıtma işlemi sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmış süt örneklerinin ortalama D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin sırasıyla 3.01-6.09 µm, 1.30-2.59 µm ve 2.65-5.11 m²/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Homojenizasyon işleminin süt örneklerinin D[4,3] ve D[3,2] değerlerini azalttığı, spesifik yüzey alanı değerini ise arttırdığı tespit edilmiştir. Nguyen vd. (2015) çalışmalarında, homojenizasyon işlemi uygulamadıkları ve 80 ile 160 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uyguladıkları süt örneklerinin spesifik yüzey alanı değerlerini sırasıyla 1.6, 14 ve 20 m²/g; D[4,3] değerlerini ise sırasıyla 5.3, 1.6 ve 1.0 µm olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.2. Kurumadde miktarı standardize edilip ısıtıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerin partikül boyutu analiz sonuçları

Örnekler	D[4,3] (µm)	D[3,2] (µm)	Spesifik yüzey alanı (m ² /g)
Süt A	6.09 ± 0.13	2.59 ± 0.06	2.65 ± 0.09
Süt B	3.95 ± 0.14	1.55 ± 0.07	4.62 ± 0.05
Süt C	3.01 ± 0.09	1.30 ± 0.01	5.11 ± 0.01
Süt D	4.78 ± 0.03	1.61 ± 0.06	3.88 ± 0.05
Süt E	3.55 ± 0.11	1.39 ± 0.03	4.91 ± 0.09

Süt A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süt örneği, **Süt B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süt örneği, **Süt C:** Isıl işlem öncesi ilk kademedeki 150 bar ikinci kademedeki 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanmış süt örneği, **Süt D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış süt örneği, **Süt E:** Isıl işlem sonrası ilk kademedeki 150 bar ikinci kademedeki 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanmış süt örneği

Süt örneklerine ait D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin varyasyon analizi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı ve homojenizasyon işleminin sırasının D[4,3] değeri üzerinde $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon işlemi basıncı ve homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin kefir sütlerinin D[4,3] değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Kefir üretiminde kullanılan sütlerin D[3,2] değerlerinin ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncından istatistiksel olarak $P < 0.001$ önem düzeyinde etkilendiği belirlenmiştir. Diğer ana varyasyon kaynağı olan homojenizasyon işleminin sırası ve homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin kefir sütlerinin D[3,2] değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz ($P > 0.05$) olduğu saptanmıştır. Homojenizasyon işlemi basıncı ve homojenizasyon işleminin sırasının kefir üretiminde kullanılan sütlerin spesifik yüzey alanı değerleri üzerinde $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu, homojenizasyon işlemi basıncı ve homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin ise $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Kurumadde miktarları standardize edilmiş sütlerin homojenizasyon işleminin sırası ve uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınca bağlı olarak D[4,3], D[3,2] (μm) ve spesifik yüzey alanı (m^2/g) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	D [4,3] (μm)			D [3,2] (μm)		Spesifik yüzey alanı (m^2/g)	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	3.54	228.06***	0.17	48.92***	1.72	332.98***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	1.41	91.06***	0.02	4.42	0.65	126.66***
HB $\times$ HS	1	0.06	3.97	0.00	0.12	0.22	43.45**
Hata	8	0.02		0.00		0.01	

***P<0.001, **P<0.01 düzeyinde önemli

Süt örneklerinin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Homojenizasyon işlemi farklı basınçlarda uygulanan süt örneklerinin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($P<0.05$), homojenizasyon işleminde uygulanan basınç arttıkça D[4,3] ve D[3,2] değerlerinin azaldığı, spesifik yüzey alanı değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Homojenizasyon işleminin sırasının süt örneklerinin D[4,3] ve spesifik yüzey alanı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark oluşturduğu ($P<0.05$), D[3,2] değerleri arasındaki farkın ise istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Isıl işlemde sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerde D[4,3] değerinin, ısıl işlemde önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlere göre yüksek olduğu, spesifik yüzey alanı değerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Isıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası farklı basınçlarda homojenizasyon işlemleri uygulanan sütlerin D[4,3] (μm), D[3,2] (μm) ve spesifik yüzey alanı (m^2/g) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	D [4,3] (μm)	D [3,2] (μm)	Spesifik yüzey alanı (m^2/g)
Homojenizasyon İşlemi Basıncı			
150 bar	4.37 $\pm$ 0.14a	1.58 $\pm$ 0.07a	4.25 $\pm$ 0.05b
150/30 bar	3.28 $\pm$ 0.03b	1.34 $\pm$ 0.06b	5.01 $\pm$ 0.05a
Homojenizasyon İşleminin Sırası			
Isıl işlemde önce	3.48 $\pm$ 0.09b	1.43 $\pm$ 0.01a	4.87 $\pm$ 0.01a
Isıl işlemde sonra	4.17 $\pm$ 0.11a	1.50 $\pm$ 0.03a	4.40 $\pm$ 0.09b

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Ergin ve Küçükçetin (2022) yaptıkları çalışmada, ısıl işlemde önce ve ısıl işlemde sonra olmak üzere farklı sıcaklıklarda (40, 50 ve 60°C) homojenizasyon işlemi uyguladıkları sütlerin partikül boyutunu incelemiştir. Isıl işlemde önce

homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin sırasıyla 0.98-1.22 μm , 0.69-0.78 μm ve 7.76-8.66 m^2/g arasında; ısıtılma işleminden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerinin ise sırasıyla 1.07-1.26 μm , 0.69-0.82 μm ve 0.85-1.09 m^2/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, ısıtılma işleminden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerin D[4,3] ve D[3,2] değerlerinin, ısıtılma işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlere göre yüksek, spesifik yüzey alanı değerlerinin ise düşük olmasının nedenini süte homojenizasyon işleminden önce uygulanan ısıtılma işlemi sonucunda oluşan denatüre peyniraltı suyu proteinlerinin yağ globül membranıyla ve kazein misellerinin yüzeyinde κ -kazeinle etkileşime girerek kompleksler oluşturması ve bu komplekslerin homojenizasyon işleminde yeni oluşan yağ globüllerinin yüzeyinde absorbe edilmesi olarak açıklamışlardır. Başka bir çalışmada farklı miktarlarda (%1.5-2.5) yağ içeren sütlere tek kademeli olarak 150 bar ve 400 bar, çift kademeli olarak ise 150/30 bar ve 400/80 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Çalışmada; tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulananlara göre çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerin D[4,3] ve D[3,2] değerlerinin düşük, spesifik yüzey alanı değerinin ise yüksek olduğu, söz konusu durumun çift kademeli homojenizasyon işleminin tek kademeli homojenizasyon işleminden oluşan yağ kümelerini dağıtmasıyla ilgili olabileceği belirtilmiştir (Yalçın vd. 2021). Çalışmamızdaki süt örneklerine ait partikül boyutu analiz sonuçlarının yukarıda bahsi geçen her iki çalışmada bulunan sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2. Kefir Örneklerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1. Kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları

Kefir örneklerine ait kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları, depolamanın ilk gününde belirlenmiş olup Çizelge 4.5’de verilmiştir. Kefir örneklerine ait ortalama toplam kurumadde, yağ, protein ve kül miktarlarının sırasıyla %8.21-8.33, %3.05-3.15, %3.38-3.41 ve %0.38-0.42 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Kefir örneklerine ait ortalama kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları

Örnekler	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
A	8.33 $\pm$ 0.09	3.10 $\pm$ 0.00	3.38 $\pm$ 0.00	0.38 $\pm$ 0.02
B	8.31 $\pm$ 0.03	3.10 $\pm$ 0.00	3.41 $\pm$ 0.03	0.42 $\pm$ 0.00
C	8.26 $\pm$ 0.04	3.05 $\pm$ 0.05	3.41 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.00
D	8.32 $\pm$ 0.08	3.10 $\pm$ 0.00	3.41 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.00
E	8.21 $\pm$ 0.04	3.15 $\pm$ 0.05	3.39 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.00

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıtılma işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıtılma işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıtılma işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıtılma işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

İncelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin kefir örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül

miktarları üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Kefir örneklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kurumadde (%)		Yağ (%)		Protein (%)		Kül (%)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	0.018	3.98	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	3.00
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	0.00	0.19	0.01	2.00	0.00	0.24	0.00	3.00
HB × HS	1	0.00	0.75	0.01	2.00	0.00	0.55	0.00	0.33
Hata	4	0.00		0.00		0.00		0.00	

Üretim parametrelerinin kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; ısıtma işlemde farklı sıcaklık-süre normu, inkübasyon sonlandırma pH'sı ve starter kültür çeşidi kullanılarak üretilen kefir örneklerinin kurumadde ve kül miktarları üzerine üretim sırasındaki işlem değişkenlerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Aşçı Arslan 2015).

4.2.2. pH ve titrasyon asitliği değerleri

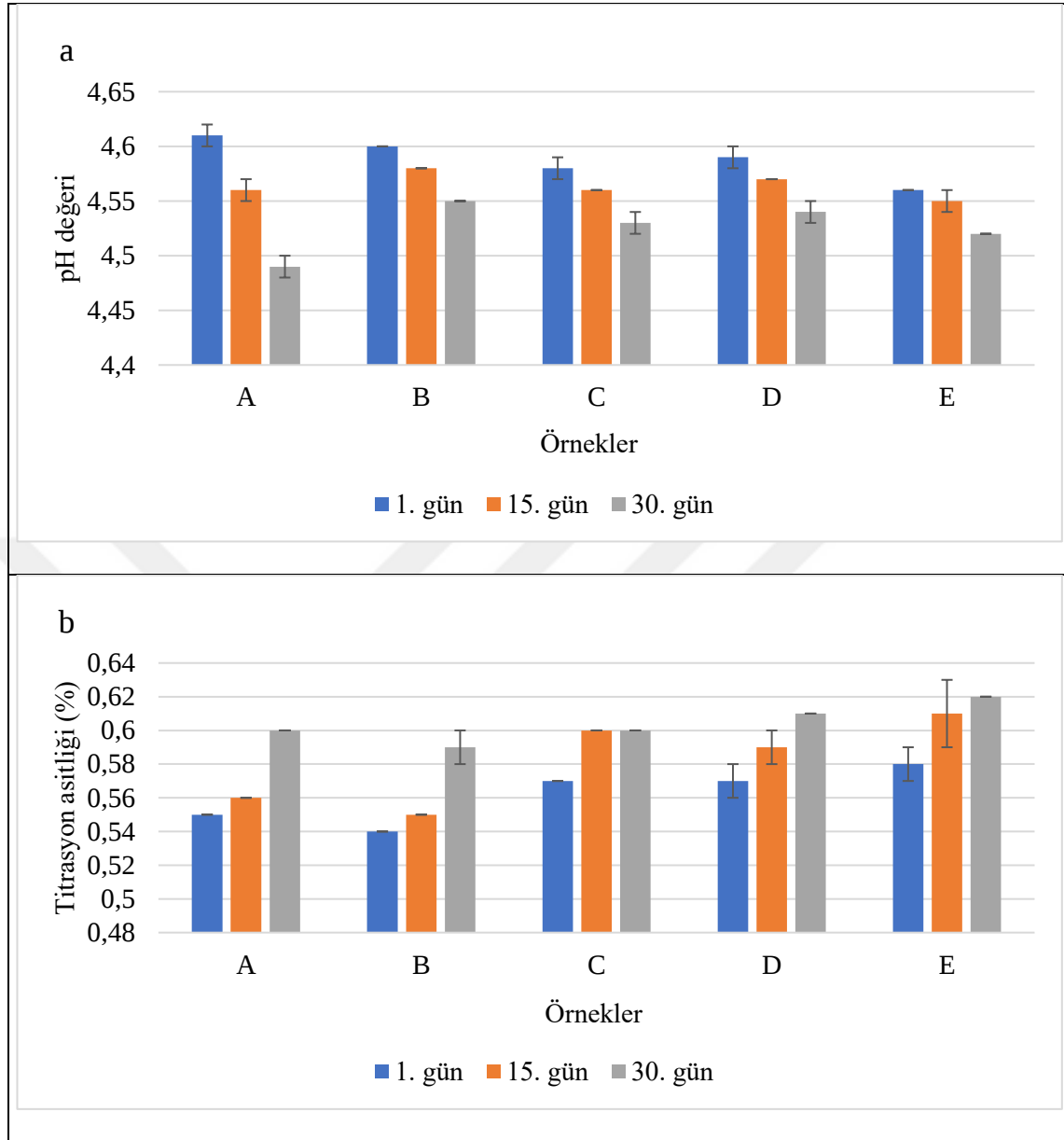
Depolama süresince kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Kefir örneklerine ait en düşük ve en yüksek pH değerleri ortalama olarak sırasıyla 4.49 ve 4.61, titrasyon asitliği değerleri ise sırasıyla %0.54 ve %0.62 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Kefir örneklerine ait ortalama pH ve titrasyon asitliği değerleri

Örnekler	Depolama süresi (gün)	pH değeri	Titrasyon asitliği (%) değeri
A	1	4.61 ± 0.01	0.55 ± 0.00
	15	4.56 ± 0.01	0.56 ± 0.00
	30	4.49 ± 0.01	0.60 ± 0.00
B	1	4.60 ± 0.00	0.54 ± 0.00
	15	4.58 ± 0.00	0.55 ± 0.00
	30	4.55 ± 0.00	0.59 ± 0.01
C	1	4.58 ± 0.01	0.57 ± 0.00
	15	4.56 ± 0.01	0.60 ± 0.00
	30	4.53 ± 0.01	0.60 ± 0.00
D	1	4.59 ± 0.01	0.57 ± 0.01
	15	4.57 ± 0.00	0.59 ± 0.01
	30	4.54 ± 0.01	0.61 ± 0.00
E	1	4.56 ± 0.01	0.58 ± 0.01
	15	4.55 ± 0.01	0.61 ± 0.02
	30	4.52 ± 0.00	0.62 ± 0.00

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Depolama süresince kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerindeki değişim Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilde de görüleceği üzere tüm kefir örneklerinin depolama süresinde pH değerleri azalmış, titrasyon asitliği değerleri ise artmıştır. Kefir üretiminde laktik asit bakterilerinin laktoz fermentasyonu sonucunda başta laktik asit olmak üzere asetik asit, pürivik asit, hippurik asit, propiyonik ve bütirik asit oluşmaktadır (Ahmed vd. 2013). Depolama süresince laktik asit bakterilerinin aktivitesi sonucu oluşan bu organik asitler fermente süt ürünlerinde pH değerlerini düşürürken, titrasyon asitliği değerlerinin ise artmasına neden olmaktadır (Tiwari vd. 2021).



Şekil 4.1. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) pH ve (b) titrasyon asitliği değerleri

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen pH ve titrasyon asitliği değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte homojenizasyon işlemi basıncı ile depolama süresi arasındaki

etkileşimin ve homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine sırasıyla $P<0.01$ ve $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.8. Kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	pH değeri			Titrasyon asitliği değeri (%)	
	SD	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	0.00	49.79***	0.00	50.94***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	0.00	19.86***	0.00	41.48***
Depolama Süresi (DS)	2	0.00	81.97***	0.00	50.39***
HB × HS	1	0.00	0.00	0.00	6.82*
HB × DS	2	0.00	0.66	0.00	8.39**
HS × DS	2	0.00	0.72	0.00	0.94
HB × HS × DS	2	0.00	0.10	0.00	2.82
Hata	24	0.00		0.00	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli, ** $P<0.01$ düzeyinde önemli, * $P<0.05$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, 150/30 bar basınçta çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin pH değerleri, tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinden düşük; titrasyon asitliği değerlerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Isıl işlemde önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefirlerin pH değerlerinin, ısıtma işlemi sonrası homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin pH değerlerinden yüksek, titrasyon asitliği değerlerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca kefir örneklerinin pH değerlerinde düzenli bir azalma, titrasyon asitliği değerlerinde ise artma olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.9. Kefir örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	pH değeri	Titrasyon asitliği değeri (%)
Homojenizasyon İşlemi		
Basıncı		
150 bar	4.57 ± 0.02b	0.58 ± 0.03b
150/30 bar	4.55 ± 0.02a	0.60 ± 0.02a
Homojenizasyon İşleminin Sırası		
Isıl işlemden önce	4.56 ± 0.02a	0.57 ± 0.03b
Isıl işlemden sonra	4.55 ± 0.02b	0.60 ± 0.02a
Depolama Süresi		
1. gün	4.58 ± 0.02a	0.57 ± 0.02c
15. gün	4.56 ± 0.02b	0.59 ± 0.03b
30. gün	4.53 ± 0.01c	0.61 ± 0.01a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Süte homojenizasyon işleminin uygulanmasının kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, sütlere tek kademeli ve çift kademeli olmak üzere dört farklı basınç değerinde (15, 15/5, 30 ve 30/5 MPa) homojenizasyon işlemi uygulanmış ve bu sütlerden üretilen kefir örnekleri 4°C’de 30 gün süreyle depolanmıştır. Kefir örneklerinin ortalama pH değerlerinin depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde sırasıyla 4.54-4.59, 4.47-4.51 ve 4.44-4.50 arasında değiştiği ve depolama süresince örneklerle ait pH değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının ve homojenizasyon işlemi basıncındaki artışın üretilen kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerini arttırdığı ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır (Ergin vd. 2017). Homojenizasyon ve ısıl işlemlerin farklı oranlarda (%0.1, %1.0 ve %2.0) yağ içeren sütlerden üretilen ayranın fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, sütlere ısıl işlem uygulanmadan önce tek kademeli olarak 150 bar ve 300 bar, çift kademeli olarak 150/50 bar ve 300/50 bar olmak üzere dört farklı basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Depolama süresince üç farklı zamanda yapılan pH analizlerinde ayran örneklerinin 1. gün sonunda 4.46-4.65, 15. gün sonunda 4.27-4.55, 30. gün sonunda 4.21-4.38 arasında değiştiği ve depolama süresince ayran örneklerine ait pH değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Çalışmada süte uygulanan homojenizasyon işleminin basıncının ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, sütlere tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulandığında titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince %0.51-0.79 arasında, sütlere çift kademeli olarak 150/50 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulandığında titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince %0.51-0.83 arasında olduğu tespit edilmiş ve depolama süresince ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Yalçın 2016).

Başka bir çalışmada ısıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurtların pH değerleri, ısıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinden yüksek bulunmuş ve homojenizasyon işleminin sırasının yoğurt örneklerinin pH değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde

($P < 0.01$) etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca yoğurt örneklerinde en yüksek titrasyon asitliği değeri, ısıtıl işlem sonrası 60°C 'de homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinde depolamanın 30. gününde, en düşük titrasyon asitliği değeri ise ısıtıl işlem öncesi 40°C 'de homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinde depolamanın 1. gününde saptanmıştır (Ergin ve Küçükçetin 2022). Koyun, keçi, deve ve inek sütlerinden üretilen kefir ve yoğurtların antioksidan potansiyellerinin karşılaştırıldığı farklı bir çalışmada, koyun sütünden üretilen kefir örneklerinin pH değerlerinin 20 günlük depolama süresince azaldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada pH değerlerindeki değişimlerin; starter kültürdeki mikroorganizmaların gelişim hızı ve fermentasyon kapasitesi, sütün türü, sütün bileşimi ve inkübasyon koşullarına (sıcaklık, süre vb.) bağlı olduğu belirtilmiştir (Baniasadi vd. 2022). Koyun sütünün yüksek mineral ve protein içeriğine bağlı olarak yüksek tamponlama özelliği bulunduğu ve böylelikle asitlik gelişimine karşı dirençli olduğu bildirilmiştir (Karakuş vd. 2021). Çalışmamızda depolama süresince kefir örneklerinin pH değerlerindeki azalmanın istatistiksel olarak önemli olmasına rağmen inek sütünden üretilen kefir çalışmalarına göre daha az olmasının koyun sütünün tamponlama özelliğinden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Sodanlo ve Azizkhani (2021) inek ve koyun sütünden üretilen kefirlerin antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında, inek ve koyun sütlerinden üretilen kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin sırasıyla 12.09-12.75 g/L ve 26.01-26.21 g/L, pH değerlerinin ise sırasıyla 3.53-3.57 ve 4.59-4.61 arasında değiştiğini tespit etmişler ve 28 günlük depolama süresince kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinde artış, pH değerlerinde ise azalış olduğunu belirtmişlerdir. Lanciotti vd. (2004) süte uygulanan yüksek basınçlı homojenizasyon işleminin, buzdolabı sıcaklığında muhafazası sırasında yoğurtlardaki *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* bakterilerinin canlılığını arttırdığını bildirmişlerdir. Patrignani vd. (2007) homojenizasyon işleminin fermente süt ürünlerinde mikrobiyal gelişimi desteklediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar söz konusu durumu homojenizasyon işleminin sütteki protein fraksiyonuna olan etkisiyle açıklamışlardır. Bu bağlamda süte uygulanan yüksek basınçlı homojenizasyon işleminin kazeinin çözünabilirliğini arttırmasıyla pH 4.6'da çözünabilen azot fraksiyonundaki artışın ve özellikle ısıtıl işlemden sonra uygulanan homojenizasyon işlemi ile ortamdaki denatüre β -laktoglobulin ve çözünmüş haldeki κ -kazeinin daha kolay proteoliz olması sonucu amino asit içeriğindeki artışın bakterilerin gelişimini teşvik ettiği belirtilmiştir (Lanciotti vd. 2004; Patrignani vd. 2007). Çalışmamızda sütlere tek kademeli yerine çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmasının ve homojenizasyon işlemi basıncının artmasının kefir örneklerinin pH değerlerini azalttığı ve titrasyon asitliği değerlerini ise arttırdığı belirlenmiştir. Söz konusu durumun homojenizasyon işleminin kefirde mikrobiyal gelişimi etkileyerek asit üretiminde artışa neden olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

4.2.3. Serum ayrılması değeri

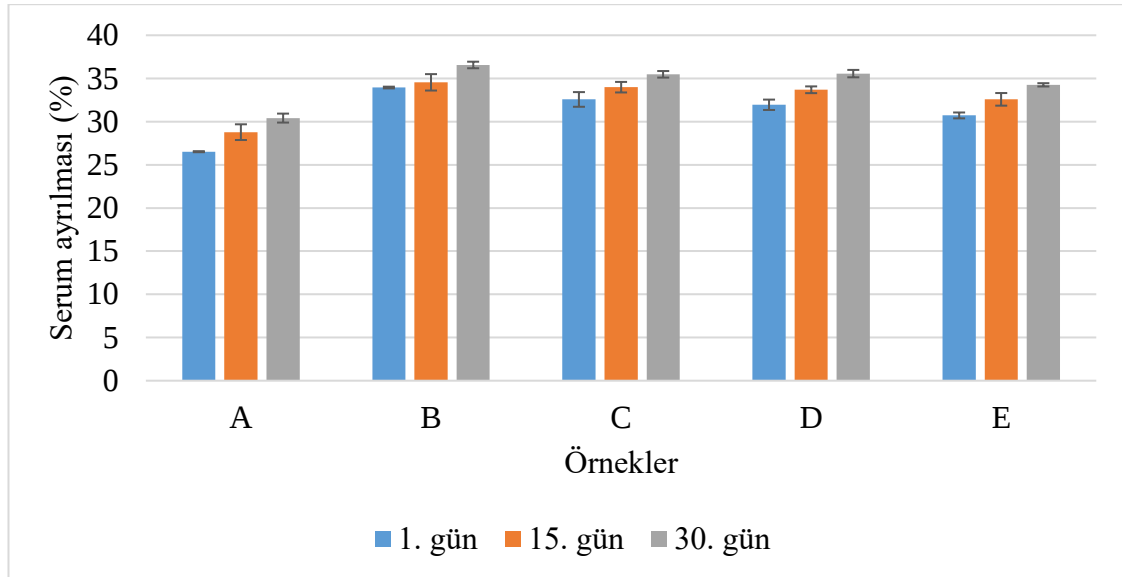
Isıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası olmak üzere farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Kefir örneklerine ait en düşük ve en yüksek serum ayrılması değerleri sırasıyla %26.52 ve

%36.56 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerindeki değişim Şekil 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.10. Kefir örneklerine ait ortalama serum ayrılması değerleri (%)

Örnekler	Depolama süresi (gün)	Serum ayrılması (%)
A	1	26.52 ± 0.06
	15	28.78 ± 0.91
	30	30.41 ± 0.52
B	1	33.95 ± 0.10
	15	34.55 ± 0.95
	30	36.56 ± 0.38
C	1	32.57 ± 0.85
	15	33.99 ± 0.61
	30	35.48 ± 0.38
D	1	31.95 ± 0.60
	15	33.69 ± 0.39
	30	35.56 ± 0.43
E	1	30.72 ± 0.34
	15	32.58 ± 0.73
	30	34.26 ± 0.19

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış sütten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen kefir örneği



Şekil 4.2. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama serum ayrılması (%) değerleri

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış sütten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan sütten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi

uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D**: Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E**: Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin serum ayrılması değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serum ayrılması (%)		
	SD	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	11.10	24.14***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	17.46	37.98***
Depolama Süresi (DS)	2	30.18	65.65***
HB × HS	1	0.10	0.21
HB × DS	2	0.19	0.40
HS × DS	2	0.65	1.41
HB × HS × DS	2	0.09	0.20
Hata	24	0.46	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Üretimde kullanılan süte homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerini azalttığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Isıl işlemde önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinin, ısıl işlemde sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinin arttığı saptanmıştır ($P<0.05$).

Çizelge 4.12. Kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Serum ayrılması (%)
Homojenizasyon İşlemi Basıncı	
150 bar	34.38 ± 1.55a
150/30 bar	33.27 ± 1.62b
Homojenizasyon İşleminin Sırası	
Isıl işlemden önce	34.52 ± 1.40a
Isıl işlemden sonra	33.13 ± 1.65b
Depolama Süresi	
1. gün	32.30 ± 1.29c
15. gün	33.70 ± 1.00b
30. gün	35.47 ± 0.89a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kefir gibi fermente süt ürünleri dispers sistemler olup faz ayrımına yatkındır. Faz ayrımı; ısıtma işlemi uygulaması ve asitlik gelişimi ile koloidal stabilitesi bozulmuş olan süt proteinlerinin, yoğunluk farkı ve yerçekimi kuvvetinin etkisiyle içinde bulundukları serumun tabanına doğru çökmesiyle oluşmaktadır (Koksoy ve Kılıç 2004; Ender 2009). Homojenizasyon işlemi ile yağ globüllerinin dış yüzeyinde bulunan membran zarının parçalanması sonucunda yağ globülleri ile kazein miselleri arasında adsorbsiyon temelli fiziksel bir bağlantı meydana geldiği ve yeni oluşan protein-yağ kompleksinin, ürünlerin hidrofilik kapasitesini arttırabileceği belirtilmektedir (Yıldız 2016). Çalışmamızda homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olması ile serum ayrılması değerlerinin azalmasının yeni oluşan protein-yağ komplekslerinden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Tek kademeli olarak 150 ve 400 bar, çift kademeli olarak 150/30 ve 400/80 bar olmak üzere dört farklı basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan farklı yağ oranlarına sahip sütlerden üretilen ayran örneklerinin serum ayrılması değerlerinin incelendiği bir çalışmada, homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olması ve homojenizasyon işlemi basıncının artmasıyla serum ayrılması değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Yalçın vd. 2021).

Çalışmamızda homojenizasyon işleminin sırasının da kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerini etkilediği tespit edilmiştir. Süte homojenizasyon işleminden önce ısıtma işlemi uygulandığında, ısıtma işlemle denatüre olan peyniraltı suyu proteinlerinin κ -kazein ile arasındaki interaksyonun ve hidrofilik özelliklerinin arttığı ve buna bağlı olarak da serum ayrılmasının azaldığı bildirilmektedir (Ender 2009). Remeuf vd. (2003) yaptıkları çalışmada, ısıtma işlemi ile denatüre olan peyniraltı suyu proteinlerinin sütün fermantasyonu sırasında kazein miselleri ile birleşme eğiliminde olmasının daha sıkı bir protein ağı oluşturduğu ve yoğurt jelinde su tutma kapasitesini arttığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada, ısıtma işleminden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerlerinin, ısıtma işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiş, ancak değerler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir (Ergin ve Küçükçetin 2022). Isıtma işlemi ile denatüre olan peyniraltı suyu proteinlerinin kazein ile oluşturduğu kompleksler serum fazından ayrılarak süt yağı globül membranına bağlanmakta, bu durum da su tutma kapasitesini arttırarak daha az çökelti oluşumuna neden olmaktadır (Ji vd. 2011).

Çalışmamızda depolama süresince kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Sütteki bazı pestisit kalıntılarının kefir üretimi ve depolanması sırasında kefirin kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, kefir örneklerinde depolama boyunca serum ayrılması değerlerinin arttığı belirtilmiştir (Yıldız 2019). Isıl işlemde farklı sıcaklık-süre normları uygulanarak farklı starter kültürler (kefir danesi ve ticari kefir starter kültürü) kullanılarak ve inkübasyon işlemi farklı sıcaklıklarda (20°C ve 25°C) gerçekleştirilerek üretilen kefir örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, 30 günlük depolama süresince serum ayrılması değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Aşçı Arslan 2015). Fermantasyon sonrası karıştırma işlemi uygulanan süt ürünlerinde depolama süresince oluşan serum ayrılmasının, jel yapısı ve jel yapısı içinde bulunan serum kanalları ile ilgili olduğu bildirilmektedir. Karıştırma işlemiyle fermente süt ürünlerinde jel yapısı yeniden düzenlenmekte ve depolama süresince asit oluşumuna bağlı olarak jel yapısı büzülerek serum kanalları genişlemektedir. Söz konusu durum üründe heterojen bir yapı oluşturarak serum ayrılmasının artmasına neden olmaktadır (Gilbert ve Turgeon 2021). Çalışmamızda da kefir örneklerinde depolama süresince serum ayrılmasının artmasının heterojen yapı oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.2.4. Reolojik özellikler

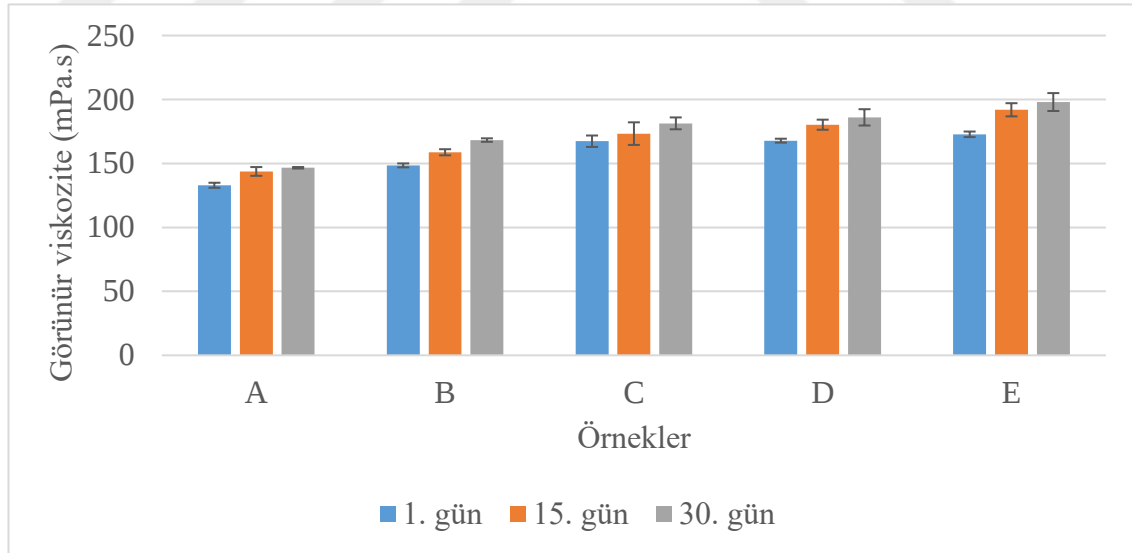
Reoloji; sıvıların akış, katıların ise deformasyon özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Süt ürünlerinin akış özelliklerini, üretiminde kullanılan sütün çeşidi ve bileşimi, süte uygulanan ön işlemler (kurumadde ve yağ standardizasyonları, enzim uygulamaları), starter kültür tipi ve özelliği, üretim parametreleri (ısıl işlemde sıcaklık-süre normları, homojenizasyon işlemi, inkübasyon sıcaklığı) ve depolama koşulları etkilemektedir (Özer 2006; Aşçı Arslan 2015). Kefirin reolojik özellikleri; son ürünün kalite kontrol ve standardizasyonunda, ürün işleme basamakları ve teknolojik parametrelerin seçiminde ve tüketici tercihlerine uygun ürün elde edilmesinde önemli yer tutmaktadır (Özer 2006; Magra vd. 2012). Akış davranışlarını incelemeye imkân sağlayan reolojik analizler ile ürünlerin viskozitesi ve akış modelleri belirlenebilmektedir (Akal 2017). Viskozite, bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmakta olup süt ürünlerinin viskozitesi, sütün kurumaddesi, starter kültürün proteolitik aktivitesi, homojenizasyon işlemi basıncı ve ısıl işlemde sıcaklık-süre normları gibi değişkenlerden etkilenmektedir (Buran 2020). Akışkanlar genel olarak Newton tipi ve Newton tipi olmayan olarak sınıflandırılmaktadır. Newton tipi akışkanlarda akmaya karşı gösterilen direnç, uygulanan kayma hızından bağımsız olup sabit sıcaklık altında değişim göstermez ve viskozite sabittir. Newton tipi olmayan akışkanların viskozitesi kayma hızına bağlı olarak değişim göstermemekte, dolayısı ile kayma hızı ve kayma gerilimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. Newton tipi olmayan akışkanlar için sabit bir viskoziteden söz edilemediğinden viskozite, kayma hızı ile kayma geriliminin kesişim noktalarında farklılık gösteren ‘görünür viskozite’ olarak ifade edilmektedir (Arıkan 2009).

Çalışmamızda depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen görünür viskozite değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Örnekler için en düşük ve en yüksek görünür viskozite değerleri sırasıyla 132.93 mPa.s ve 198.00 mPa.s olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.3’den de görüleceği üzere depolama süresince kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerinde artış olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Kefir örneklerine ait ortalama görünür viskozite değerleri (mPa.s)

Örnekler	Depolama süresi (gün)	Görünür viskozite (mPa.s)
A	1	132.93 ± 1.97
	15	143.73 ± 3.43
	30	146.60 ± 0.59
B	1	148.47 ± 1.54
	15	158.73 ± 2.39
	30	168.27 ± 1.35
C	1	167.37 ± 4.47
	15	173.30 ± 8.83
	30	181.33 ± 4.64
D	1	167.80 ± 1.53
	15	180.27 ± 3.95
	30	186.03 ± 6.37
E	1	172.77 ± 2.18
	15	191.94 ± 5.15
	30	198.00 ± 7.00

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

**Şekil 4.3.** Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama görünür viskozite (mPa.s) değerleri

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta

homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, E: Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinin depolama süresince görünür viskozite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Çizelgede ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. Kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Görünür viskozite (mPa.s)		
	SD	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	1411.38	42.10***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	2466.94	73.58***
Depolama Süresi (DS)	2	1139.69	33.99***
HB × HS	1	80.37	2.40
HB × DS	2	1.053	0.03
HS × DS	2	45.66	1.36
HB × HS × DS	2	36.22	1.08
Hata	24	33.53	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Çalışmamızda kontrol örneğine ait görünür viskozite değerinin, homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen kefir örneklerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sütlere uygulanan homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olması kefir örneklerine ait görünür viskozite değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P<0.05$) artışa neden olmuştur. Homojenizasyon işlemi ile yağ globülleri parçalanmakta ve daha fazla parçalanmış yağ globülü açığa çıkmaktadır. Yeni oluşan yağ globüllerinin yüzey alanı genişlemekte ve yüzey, başta κ -kazein olmak üzere kazein ve peyniraltı suyu proteinleri tarafından çevrelenmektedir. Ortamda yeterli miktarda protein özellikle de kazein mevcutsa globüller kazein miselleri gibi davranmaktadır. Söz konusu durum protein kompleksinin stabilitesini iyileştirmekte ve viskozitenin artmasına neden olmaktadır. Özellikle çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerde, tek kademeli olarak uygulanan homojenizasyon işlemi sonrasında oluşması muhtemel yağ globüllerinin kümeleşmesi de önlenmiş olmaktadır (Özünlü ve Koçak 2010; Yalçın vd. 2021). Yalçın (2016) yaptığı çalışmada, sütlere tek kademeli ve çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulamış ve sütlere uygulanan homojenizasyon işlemi basıncındaki artışın ve homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının, bu sütlerden üretilen ayran örneklerine ait görünür viskozite değerlerini arttırdığını belirtmiştir.

Isıl işlem den sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerinin, ısıl işlem den önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15). Homojenizasyon işleminin sırası, sütteki yağ globülleri ve protein kompleksleri arasındaki bağı etkilemektedir. Sütlerin homojenizasyon işleminden önce ve 75°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılması denatüre peyniraltı suyu proteinleri ve kazein arasında kompleksler oluşturmaktadır. Sonrasında uygulanan homojenizasyon işlemiyle bu protein kompleksleri serum fazından ayrılarak süt yağı globül zarına kovalent (disülfid) bağlarla bağlanarak etkileşime girmektedir. Süte ısıl işlem den önce homojenizasyon işlemi uygulandığında ise yeni oluşan yağ globüllerinin yüzeyine sadece kazein miselleri bağlanmakta ve söz konusu yüzeyde peyniraltı suyu proteinleri bulunmamaktadır (Ji vd. 2011; Ergin ve Küçükçetin 2022). Sütlere uygulanan homojenizasyon işleminin sırası (ısıl işlem öncesi veya sonrası) ve homojenizasyon işlemi sıcaklığının (40, 50 ve 60°C) yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ısıl işlem den sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerlerinin, ısıl işlem den önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ergin ve Küçükçetin 2022). Martin-Diana vd. (2004)'ün süt yağının çoklu doymamış yağ asitleri ile değiştirilmesinin fermente süt ürünlerinin reolojik özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, yağı ayrıldıktan sonra süte omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri açısından zenginleştirilmiş yağlar ile peyniraltı suyu protein konsantrisi eklenerek fermente ürünler üretilmiştir. Araştırmacılar tarafından sütlerin peyniraltı suyu protein miktarındaki artış ve uygulanan ısıl işlem sırasında peyniraltı suyu proteinleri denatürasyonunun protein bağlama kapasitesini ve ürünlerin viskozite değerlerini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada düşük pH değerine sahip ürünlerin viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu, pH değerinin azalmasına bağlı olarak kazein ve peyniraltı suyu proteinleri arasındaki bağların ve protein agregasyonunun artmasıyla viskozitenin arttığı ifade edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda elde edilen verilerin yukarıda bahsedilen çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.15'de de görüleceği üzere depolama süresince kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ak (2018) yenilebilir kıvamda üretilen meyveli kefirlerin fizikokimyasal özelliklerini araştırdığı çalışmada, kefiirlere farklı oranlarda meyve sosları eklemiş ve 4°C'de depolamanın 1., 8. ve 15. günlerinde meyveli kefir örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerini sırasıyla 3828.9, 4414.9 ve 4810.5 cP olarak tespit etmiştir. Oligofruktoz ile zenginleştirilmiş süttten üretilen kefirlerin kalitesi üzerine üretimde kefir danesi ve kefir starter kültürü kullanımının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, oligofruktoz ilavesinin 4°C'de 30 günlük depolama süresince kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerini arttırdığı belirlenmiştir (Ender 2009). Wang vd. (2015) çalışmalarında Tibet kefirinden izole edilen ve ekzopolisakkarit (EPS) üreten bir suş olan *Lactobacillus plantarum*'un ürettiği EPS'lerin fermente süt ürünlerinde viskoziteyi artırarak yapıyı geliştirdiğini bildirmişlerdir. Gül vd. (2018) çalışmalarında kefir danesi ve ticari kefir starter kültürü kullanarak manda ve inek sütlerinden ürettikleri kefirlerin reolojik ve tekstürel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmamızla aynı ticari starter kültürün kullanıldığı bu çalışmada, ticari kefir starter kültürü ile manda sütünden ve inek sütünden üretilen kefir örneklerinin EPS üretim miktarları sırasıyla 0.237 ve 0.197 g/kg, kefir danesi kullanılarak manda sütünden ve inek

sütünden üretilen kefir örneklerinin EPS üretim miktarları sırasıyla 0.173 ve 0.155 g/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmada ticari kefir starter kültürü ile üretilen kefir örneklerinin EPS üretim miktarlarının, kefir danesi ile üretilenlere göre yüksek olduğu saptanmış ve EPS üretim miktarları yüksek olan kefir örneklerinin daha yüksek görünür viskozite değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada EPS üreten bir suş olan *Lactobacillus plantarum* ve yoğurt starter kültürleri ile aşılanmış sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin EPS üretim miktarları ve görünür viskozite değerlerinin 21 günlük depolama süresince artış gösterdiği tespit edilmiştir (Zhao ve Liang 2022). Çalışmamızdaki kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerinin depolama süresince artmasının, kefir üretiminde kullanılan ticari kefir starter kültürlerinin EPS üretebilme özelliğine sahip olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.15. Kefir örneklerinin görünür viskozite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Görünür viskozite değeri (mPa.s)
Homojenizasyon İşlemi Basıncı	
150 bar	168.26 ± 12.98b
150/30 bar	180.78 ± 12.39a
Homojenizasyon İşleminin Sırası	
Isıl işlem öncesi	166.24 ± 11.44b
Isıl işlem sonrası	182.80 ± 11.52a
Depolama Süresi	
1. gün	164.10 ± 9.66c
15. gün	176.06 ± 13.26b
30. gün	183.41 ± 11.90a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Akışkanların reolojik özelliklerinin belirlenmesi ile akış davranış şekilleri ortaya konulmaktadır. Akışkanların hareket sırasında birbiri üzerinden kaydığı paralel tabakalardan oluştuğu kabul edilmektedir. Hareketsiz duran bir akışkanı akmaya zorlamak için tabakaları birbiri üzerinden kaydırarak deformasyona uğratan birim alana düşen kuvvet kayma gerilimi olarak adlandırılmaktadır (Akal 2017). Akışkanların reolojik davranışları kayma hızına karşı kayma gerilimi grafiği ile değerlendirilmektedir. Kayma gerilimi ile kayma hızı arasındaki oran orijinden başlayıp doğrusal bir grafik çiziyorsa Newton tipi akış olarak isimlendirilmektedir. Çoğu gıda Newton tipi akış göstermemekte ve zamandan bağımsız olarak kayma gerilimi ve kayma hızında sapmalar meydana gelmektedir ki bu da Newton tipi olmayan akış olarak ifade edilmektedir. Akış davranış indeksi (n), akışkanların Newton tipi akış davranışına yönelik eğilimlerini göstermektedir. Newton tipi akışta n=1 iken, Newton tipi olmayan akışta n>1 ise dilatant akış, n<1 ise pseudoplastik akış tipi olarak değerlendirilmektedir (Ertekin 2008).

Çalışmamızda kefir örneklerinin reolojik ölçümlerine ait çıkış ve iniş eğrilerindeki kayma gerilimi ve kayma hızı değerlerine Power Law modeli uygulanmış ve model için elde edilen regresyon katsayılarının 0.93 ile 0.96 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Power Law modeline göre;

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

τ = Kayma gerilimi

K = Kıvam katsayısı

γ = Kayma hızı

n = Akış davranış indeksi

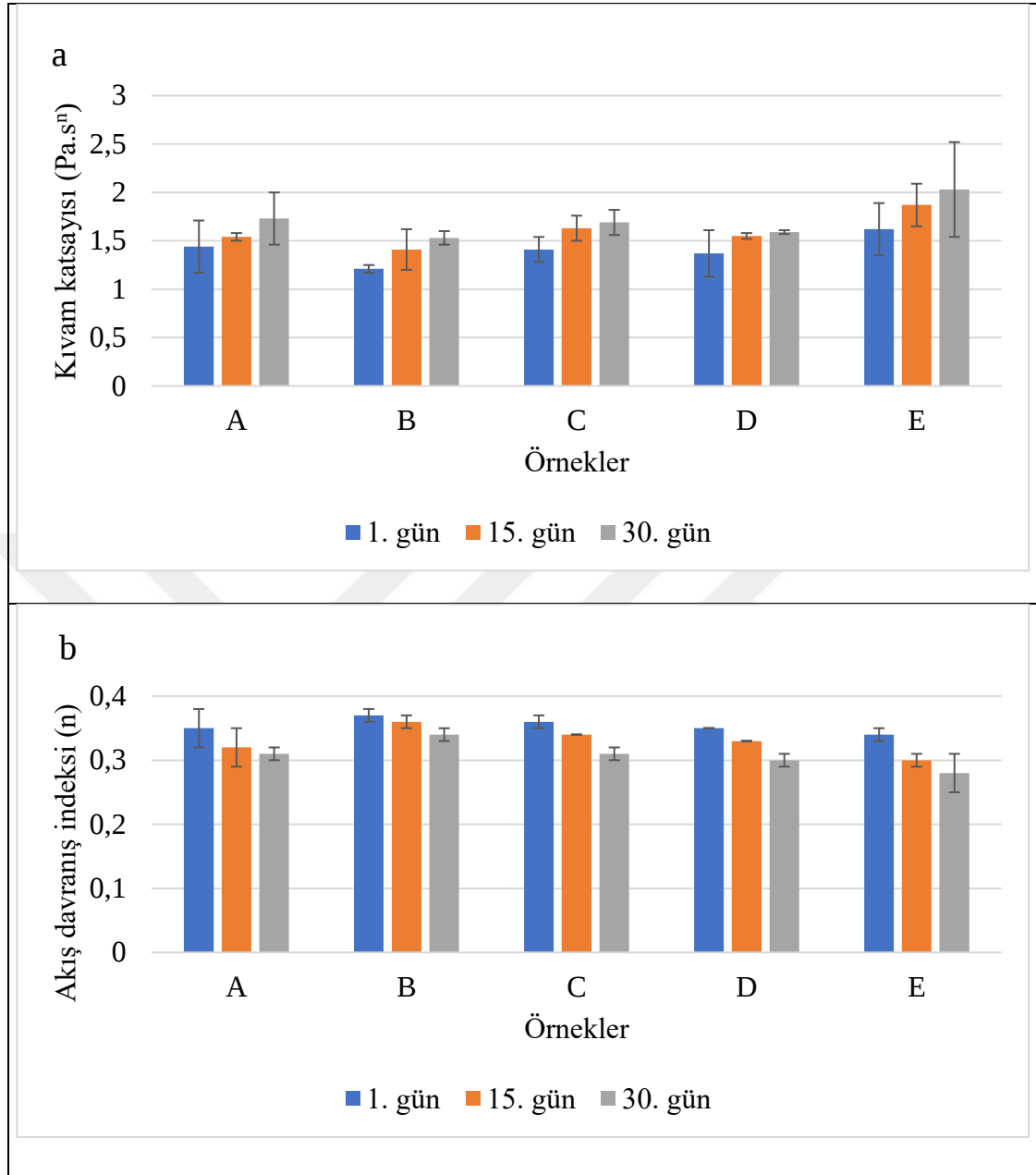
Kıvam katsayısı, kayma gerilimine karşı direncin göstergesidir. Akış davranış indeksi ise akışkanın kayma gerilimi altında ne kadar deforme olacağını belirtmektedir (Yalçın 2016).

Çalışmamızda kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri Çizelge 4.16 ve bu değerler kullanılarak hazırlanan grafik ise Şekil 4.4’de verilmiştir. Örneklere ait en düşük ve en yüksek kıvam katsayısı değerleri sırasıyla 1.21 Pa.sⁿ ve 2.03 Pa.sⁿ olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Örneklere ait en düşük akış davranış indeksi değeri, ısıtıl işlemden sonra çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneğinde, en yüksek akış davranış indeksi değeri ise ısıtıl işlemden önce tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneğinde tespit edilmiştir. $n < 1$ olarak belirlendiğinden kefir örnekleri depolama süresince Newton tipi olmayan pseudoplastik akış özelliği göstermiştir. Ayrıca depolama süresince kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.16. Kefir örneklerine ait ortalama kıvam katsayısı (Pa.sⁿ) ve akış davranış indeksi (n) değerleri

Örnekler	Depolama süresi (gün)	Kıvam katsayısı (Pa.s ⁿ)	Akış davranış indeksi (n)
A	1	1.44 ± 0.27	0.35 ± 0.03
	15	1.54 ± 0.04	0.32 ± 0.03
	30	1.73 ± 0.27	0.31 ± 0.01
B	1	1.21 ± 0.04	0.37 ± 0.01
	15	1.41 ± 0.21	0.36 ± 0.01
	30	1.53 ± 0.07	0.34 ± 0.01
C	1	1.41 ± 0.13	0.36 ± 0.01
	15	1.63 ± 0.13	0.34 ± 0.00
	30	1.69 ± 0.13	0.31 ± 0.01
D	1	1.37 ± 0.24	0.35 ± 0.00
	15	1.55 ± 0.03	0.33 ± 0.00
	30	1.59 ± 0.02	0.30 ± 0.01
E	1	1.62 ± 0.27	0.34 ± 0.01
	15	1.87 ± 0.22	0.30 ± 0.01
	30	2.03 ± 0.49	0.28 ± 0.03

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıtıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıtıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıtıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıtıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği



Şekil 4.4. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) kıyım katsayısı (Pa.s^n) ve (b) akış davranış indeksi (n) değerleri

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncının kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerleri üzerinde etkisinin $P<0.01$ düzeyinde önemli olduğu, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin ise $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kıvam katsayısı (Pa.s ⁿ)			Akış davranış indeksi (n)	
	SD	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	0.65	9.78**	0.00	17.45***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	0.33	5.04*	0.00	41.26***
Depolama Süresi (DS)	2	0.30	4.53*	0.00	31.00***
HB × HS	1	0.04	0.67	0.00	0.47
HB × DS	2	0.00	0.07	0.00	0.47
HS × DS	2	0.00	0.00	0.00	1.47
HB × HS × DS	2	0.01	0.16	0.00	0.47
Hata	24	0.07		0.00	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli, ** $P<0.01$ düzeyinde önemli, * $P<0.05$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin ortalama kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çalışmamızda homojenizasyon işleminin sütler tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması ile kefir örneklerine ait kıvam katsayısı değerleri artmış, akış davranış indeksi değerleri azalmıştır ($P<0.05$). Yalçın vd. (2021) çalışmalarında farklı sıcaklık-süre normlarında ısıtma işlemi tabi tutup tek kademeli ve çift kademeli olmak üzere farklı basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uyguladıkları sütlerden ürettikleri ayran örneklerinin reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar tek kademeli olarak 150 bar ve 400 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen ayran örneklerinin kıvam katsayısı değerlerini sırasıyla 0.88 ile 1.05 Pa.sⁿ, akış davranış indeksi değerlerini sırasıyla 0.34 ile 0.32; çift kademeli olarak 150/30 bar ve 400/80 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen ayran örneklerinin kıvam katsayısı değerlerini sırasıyla 1.01 ile 1.15 Pa.sⁿ, akış davranış indeksi değerleri ise sırasıyla 0.33 ile 0.29 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada homojenizasyon işleminin sütler tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması ve homojenizasyon işlemi basıncının artması ile ayran örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinde artış, akış davranış indeksi değerlerinde azalış olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda kefir örneklerinde tespit

edilen kıvam katsayısı değerleri, yukarıda bahsi geçen çalışmanın sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Bunun sebebinin kullanılan sütün çeşidinden ve ürün farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.18'den de görüleceği üzere kefir üretiminde kullanılan sütlerle uygulanan homojenizasyon işleminin sırasının kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri üzerine istatistiksel açıdan $P < 0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu, ısıtıl işleminden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin ısıtıl işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilenlere göre yüksek, akış davranış indeksi değerlerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Isıtıl işlem, peyniraltı suyu proteinlerinin ve süt yağı globül membran (MFGM) proteinlerinin denatürasyonuna yol açarak kazein misellerinde MFGM proteinleri ile peyniraltı suyu proteinleri ve/veya κ -kazein arasında etkileşimleri indüklemektedir. Yapılan bir çalışmada, süte homojenizasyon işleminden önce ısıtıl işlem uygulanmasının ısıtıl işlem etkisiyle denatüre olan peyniraltı suyu proteinleri ile kazein misellerinin süt yağı globül zarı ile etkileşimleri artırarak çözünür kompleksler oluşturduğu ve bunun da kıvam katsayısı değerlerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Wang vd. 2019).

Ergin ve Küçükçetin (2022) yoğurt üretiminde kullanılan süte uygulanan homojenizasyon işleminin sırası (ısıtıl işleminden önce veya sonra) ve homojenizasyon işleminin sıcaklığının yoğurdun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, ısıtıl işleminden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin, ısıtıl işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan örneklere göre yüksek, akış davranış indeksi değerlerinin ise düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada yoğurt örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin, viskozite ve kayma gerilimi ile bağlantılı olduğu belirtilmiş ve 30 günlük depolama süresince kıvam katsayısı değerlerinde artma ve akış davranış indeksi değerlerinde ise azalma olduğu bildirilmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin yukarıda bahsedilen çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.18'den de görüleceği üzere depolama süresince kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin arttığı ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli ($P < 0.05$) olduğu bulunmuştur. Barazi (2022) çalışmasında fermantasyondan önce süte ve sonrasında kefire taze mürver meyvesi veya tozu ekleyerek ürettiği kefirlerin 14 gün depolama süresince kıvam katsayısı değerlerinin 1.38-8.55 Pa.s arasında değiştiğini tespit etmiş ve depolama süresince kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin artış gösterdiğini belirlemiştir. Başka bir çalışmada, probiyotik bakteri (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*) aşılınıp prebiyotik (inülin, fruktooligosakkarit) ilave edilen inek ve keçi sütlerinden kefir üretilmiş ve kefir örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin 21 günlük depolama süresince artış gösterdiğini belirtilmiştir (Buran 2020).

Depolama süresince kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin azaldığı ve bu azalmanın depolamanın 15. gününe kadar istatistiksel açıdan önemli ($P < 0.05$) olduğu, 15. günden sonraki azalmanın istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Yıldız (2019) sütteki bazı pestisit kalıntılarının kefir üretimi ve depolanması sırasında kefirin reolojik özelliklerine etkisini incelediği çalışmada, kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.32 ile 0.39 arasında değiştiğini ve söz konusu değerlerin depolama süresince azaldığını belirlemiştir. Isıtıl işlemde farklı sıcaklık-

süre normları, inkübasyon sıcaklıkları ve starter kültür çeşitlerinin kefir örneklerinin reolojik özelliklerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.12 ile 0.34 arasında değiştiği ve depolama süresince azaldığı saptanmıştır (Aşçı Arslan 2015). Barazi (2022) çalışmasında mürver meyveli kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.16 ile 0.46 arasında değişiklik gösterdiğini, depolama süresince de akış davranış indeksi değerlerinde azalma olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda depolama süresince belirlenen akış davranış indeksi değerlerinin, yukarıda bahsi geçen diğer çalışmalardaki sonuçlarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Kıvam katsayısı (Pa.s ⁿ)	Akış davranış indeksi (n)
Homojenizasyon İşlemi Basıncı		
150 bar	1.44 ± 0.19b	0.34 ± 0.02a
150/30 bar	1.71 ± 0.33a	0.32 ± 0.03b
Homojenizasyon İşleminin Sırası		
Isıl işlemde önce	1.48 ± 0.21b	0.35 ± 0.02a
Isıl işlemde sonra	1.67 ± 0.34a	0.32 ± 0.03b
Depolama Süresi		
1. gün	1.40 ± 0.24b	0.35 ± 0.01a
15. gün	1.62 ± 0.24ab	0.33 ± 0.02b
30. gün	1.71 ± 0.32a	0.31 ± 0.03b

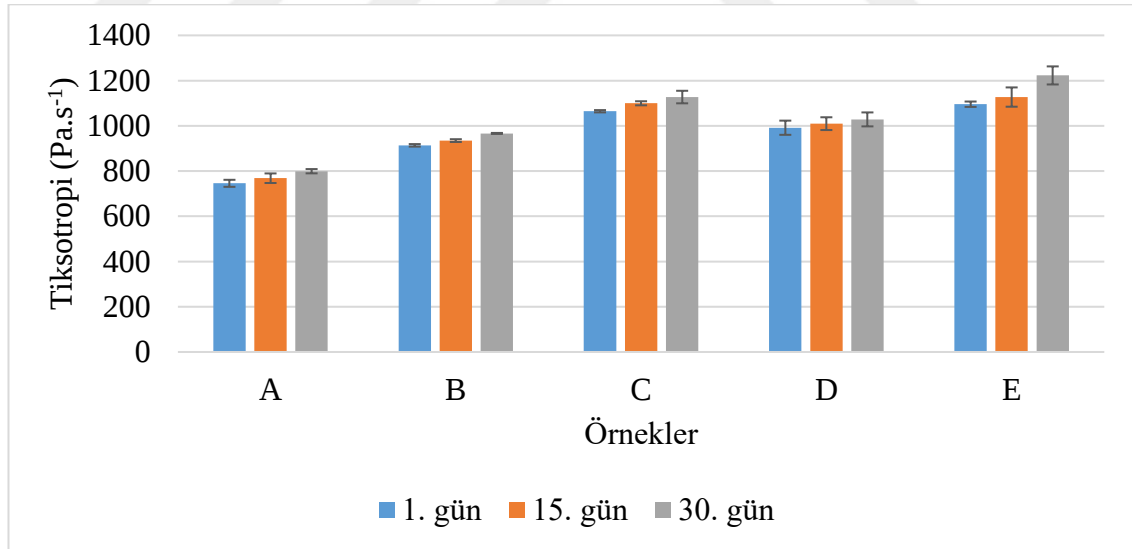
Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Akışkanların proses aşamasında deformasyona maruz kalması, partikül veya moleküller arasındaki bağların kopmasına neden olmakta ve akışkanlarda yapısal değişimler meydana getirmektedir. Söz konusu yapısal değişimlerde moleküllerin arasındaki bağların koparılması için birim zamanda tüketilmesi gereken enerji tiksotropi olarak adlandırılmaktadır (Aşçı Arslan 2015). Çalışmamızda kefir örneklerine ait tiksotropi değerlerinin depolama süresince değişimi Çizelge 4.19’da ve söz konusu değişimin grafiksel gösterimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en düşük ve en yüksek tiksotropi değerleri sırasıyla 745.77 Pa.s⁻¹ ve 1222.87 Pa.s⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Kefir örneklerine ait ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s^{-1})

Örnekler	Depolama süresi (gün)	Tiksotropi (Pa.s^{-1})
A	1	745.77 ± 15.57
	15	768.37 ± 24.16
	30	799.37 ± 9.43
B	1	913.65 ± 5.62
	15	934.72 ± 6.11
	30	966.40 ± 2.21
C	1	1064.48 ± 5.10
	15	1099.65 ± 8.96
	30	1127.28 ± 27.10
D	1	991.57 ± 31.36
	15	1009.65 ± 28.25
	30	1028.51 ± 30.84
E	1	1095.56 ± 11.91
	15	1127.21 ± 42.68
	30	1222.87 ± 39.96

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

**Şekil 4.5.** Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama tiksotropi değerleri (Pa.s^{-1})

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinin depolama süresince tiksotropi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelgede ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin tiksotropi değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Kefir örneklerinin tiksotropi değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Tiksotropi (Pa.s ⁻¹)		
	SD	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	199147.99	220.04***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	34074.70	37.65***
Depolama Süresi (DS)	2	14966.55	16.54***
HB × HS	1	922.54	1.02
HB × DS	2	2017.73	2.23
HS × DS	2	682.93	0.75
HB × HS × DS	2	1623.27	1.79
Hata	24	905.07	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çalışmamızda ısıtma işleminden sonra homojenizasyon işleminin uygulandığı sütlerden üretilen kefir örneklerinin tiksotropi değerleri, ısıtma işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Sütlerle homojenizasyon işleminden önce ısıtma işlemi uygulanması, ortamda bulunan denatüre peyniraltı suyu proteinleri ile kazein arasında kompleksler oluşturmada ve sonrasında uygulanan homojenizasyon işlemiyle bu protein kompleksleri serum fazından ayrılarak süt yağı globül zarına kovalent bağlarla bağlanarak etkileşime girmektedir (Ji vd. 2011; Ergin ve Küçükçetin 2022). Çalışmamızda homojenizasyon işleminden önce ısıtma işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinin daha yüksek olmasının, ısıtma işlemi sonucunda süt proteinlerinde meydana gelen değişikliklerle açıklanabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda homojenizasyon işleminin sütlerle tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması, kefir örneklerine ait tiksotropi değerlerini arttırmıştır. Yalçın vd. (2021) ayran üretiminde kullanılan ve farklı yağ oranı içeriğine sahip sütlerle tek kademeli ve çift kademeli olmak üzere farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uyguladıkları çalışmalarında tiksotropi değerlerini; tek kademeli olarak 150 bar ve 400 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen ayran örnekleri için sırasıyla 961.81 Pa.s⁻¹ ile 1201.78 Pa.s⁻¹, çift kademeli olarak 150/30 bar ve 400/80 bar basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen ayran örnekleri için ise sırasıyla 1097.06 Pa.s⁻¹ ile 1352.87 Pa.s⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayran üretiminde kullanılan sütlerle uygulanan homojenizasyon işlemi basıncının artması ve homojenizasyon işleminin sütlerle tek kademeli yerine çift kademeli

olarak uygulanması ile ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda sütün yağ içeriğinin ve homojenizasyon işlemi basıncının artmasının örneklerin yağ globül boyutunun küçülmesine ve yüzey alanının artmasına neden olduğu, böylece daha fazla yağ-protein kompleksi olduğu ve buna bağlı olarak da tiksotropi değerlerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Çalışmamızdaki kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinin Yalçın vd. (2021) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile benzer olduğu görülmüştür.

Çizelgede 4.21’de depolama süresince kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinin arttığı ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) olduğu görülmektedir. Aşçı Arslan (2015) kefir örneklerinin reolojik özelliklerini incelediği çalışmasında, 30 günlük depolama süresince örneklerin en düşük ve en yüksek tiksotropi değerlerini sırasıyla 266.1 Pa.s^{-1} ve 723.7 Pa.s^{-1} olarak tespit etmiş ve depolama süresince tiksotropi değerlerinin artış gösterdiğini bildirmiştir. Küçükçetin vd. (2012), farklı kazein/peyniraltı suyu protein oranları içeren sütlerden üretilen ayran örneklerinin tiksotropi değerlerinin 153.8 Pa.s^{-1} ile 487.9 Pa.s^{-1} arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yıldız (2019) farklı yağ oranlarına sahip sütlerden üretilen kefir örneklerinin en düşük ve en yüksek tiksotropi değerlerini sırasıyla 336.2 Pa.s^{-1} ile 772.1 Pa.s^{-1} olarak saptamış ve kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinin 30 günlük depolama süresince artış gösterdiğini tespit etmiştir. Söz konusu çalışmada, kefir üretimleri sırasında kullanılan ticari starter kültürdeki bakterilerin, EPS üretimlerine bağlı olarak depolama süresince tiksotropi değerlerinde artış olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda kefir örneklerinin tiksotropi değerlerinin yukarıda bahsi geçen diğer çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.21. Kefir örneklerinin tiksotropi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Tiksotropi (Pa.s^{-1})
Homojenizasyon İşlemi Basıncı	
150 bar	$974.09 \pm 45.83b$
150/30 bar	$1122.84 \pm 56.52a$
Homojenizasyon İşleminin Sırası	
Isıl işlem öncesi	$1017.70 \pm 83.87b$
Isıl işlem sonrası	$1079.23 \pm 86.21a$
Depolama Süresi	
1. gün	$1016.32 \pm 72.34c$
15. gün	$1042.81 \pm 80.42b$
30. gün	$1086.27 \pm 101.69a$

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

4.2.5. Kefir Örneklerinin Görüntüleme Analizi Sonuçları

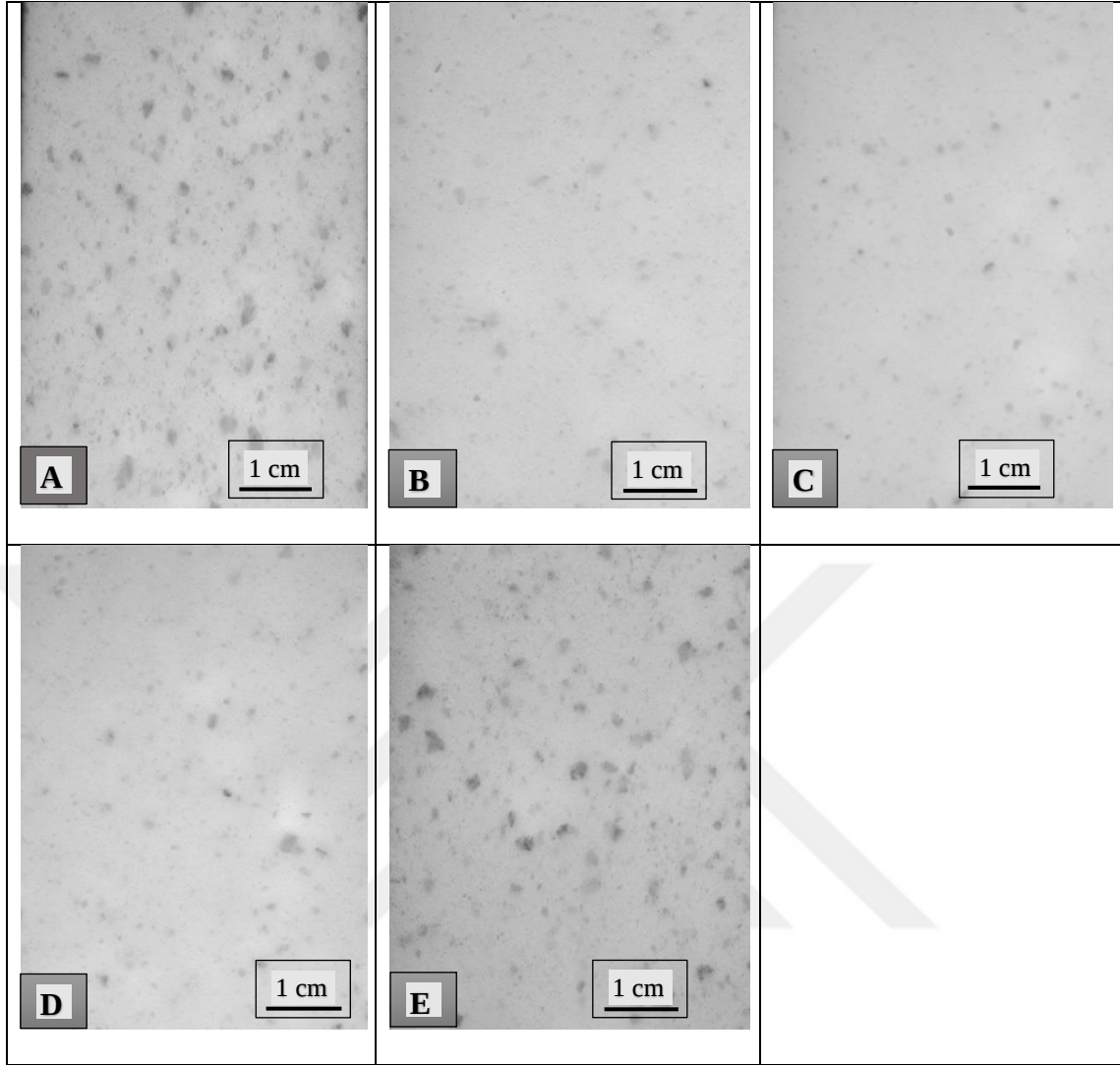
Isıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası olmak üzere tek kademeli ve çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri Çizelge 4.22’de ve kefir örneklerinin görselleri de Şekil 4.6’da verilmiştir. Kefir örneklerine ait en düşük ve en yüksek granül sayısı değerlerinin 41.00 ile 114.67 (granül sayısı/3 g örnek), granül çevre uzunluğu değerlerinin 2.56 ile 4.88 mm ve görsel pürüzlülük değerlerinin 1.45 ile 5.35 (Ort_{mys}) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Depolama süresince kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerindeki değişimi gösteren grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kefir örneklerine ait ortalama granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri

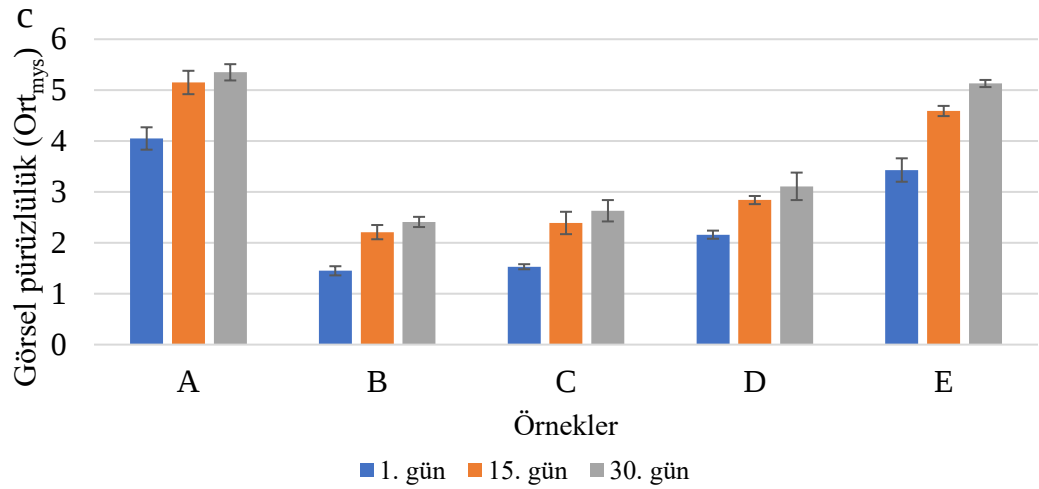
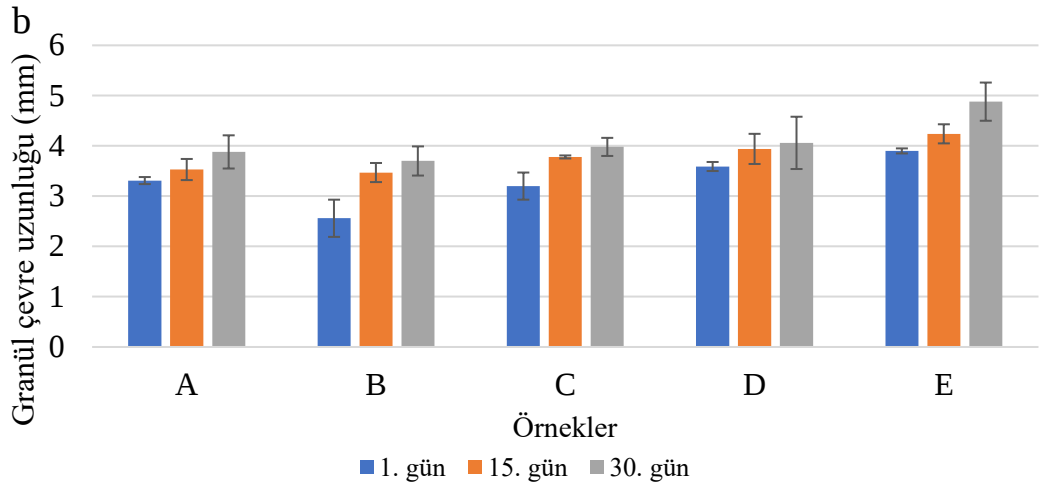
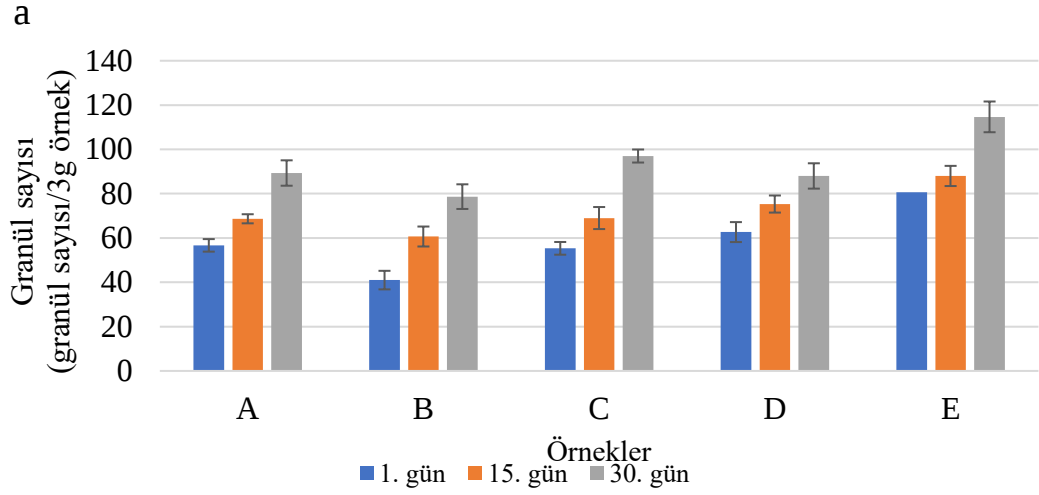
Örnekler	Depolama süresi (gün)	Granül sayısı (granül sayısı/3 g örnek)	Granül çevre uzunluğu (mm)	Görsel pürüzlülük (Ort_{mys})
A	1	56.67 ± 1.70	3.31 ± 0.07	4.05 ± 0.22
	15	68.67 ± 2.05	3.53 ± 0.10	5.15 ± 0.23
	30	89.33 ± 5.73	3.88 ± 0.33	5.35 ± 0.16
B	1	41.00 ± 2.83	2.56 ± 0.37	1.45 ± 0.09
	15	60.67 ± 4.50	3.47 ± 0.19	2.21 ± 0.14
	30	78.67 ± 5.56	3.70 ± 0.29	2.41 ± 0.10
C	1	55.33 ± 4.19	3.20 ± 0.27	1.53 ± 0.05
	15	69.00 ± 4.97	3.78 ± 0.03	2.39 ± 0.22
	30	97.00 ± 2.94	3.98 ± 0.18	2.63 ± 0.21
D	1	62.67 ± 2.87	3.59 ± 0.09	2.16 ± 0.08
	15	75.33 ± 3.86	3.94 ± 0.30	2.84 ± 0.08
	30	88.00 ± 5.72	4.06 ± 0.52	3.11 ± 0.27
E	1	80.67 ± 4.50	3.90 ± 0.05	3.43 ± 0.23
	15	88.00 ± 4.55	4.24 ± 0.19	4.59 ± 0.10
	30	114.67 ± 6.94	4.88 ± 0.38	5.13 ± 0.07

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği



Şekil 4.6. Kefir örneklerinin görselleri

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademedede 150 bar ikinci kademedede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademedede 150 bar ikinci kademedede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği



Şekil 4.7. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) granül sayısı (granül sayısı/3g örnek), (b) granül çevre uzunluğu (mm) ve (c) görsel pürüzlülük değerleri (Ort_{mys})

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.23’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncı, homojenizasyon işleminin sırası ve depolama süresinin kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte kefir örneklerinin görsel pürüzlülük değerleri üzerinde homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin $P<0.001$ önem düzeyinde, depolama süresi ile homojenizasyon işlemi basıncı arasındaki etkileşimin ise $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Granül sayısı (granül sayısı/3 g örnek)		Granül çevre uzunluğu (mm)		Görsel pürüzlülük (Ort_{mys})	
		KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	2417.36	75.87***	1.78	15.54***	7.57	212.34***
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	2898.028	90.96***	3.82	33.35***	18.68	523.77***
Depolama Süresi (DS)	2	3669.33	115.17***	2.19	19.15***	4.48	125.75***
HB × HS	1	66.69	2.09	0.01	0.08	5.25	147.28***
HB × DS	2	108.11	3.39	0.05	0.44	0.15	4.22*
HS × DS	2	77.78	2.44	0.12	1.04	0.06	1.78
HB × HS × DS	2	4.78	0.15	0.15	1.27	0.07	1.92
Hata	24	31.86		2.75		0.04	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli, * $P<0.05$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; ilk kademede 150 bar ve ikinci kademede 30 bar basınç altında çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri, tek

kademeli olarak 150 bar basınç altında homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Kefir örneklerinin üretiminde kullanılan sütlere ısıtıl işlemden önce veya ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanmasının etkisi incelendiğinde, ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen kefirlerin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin, ısıtıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen kefir örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinde artış olduğu saptanmıştır.

Ergin ve Küçükçetin (2022) sütlere ısıtıl işlemden önce ve ısıtıl işlemden sonra olmak üzere farklı sıcaklıklarda (40°C, 50°C, 60°C) homojenizasyon işlemi uygulayıp yoğurt ürettikleri çalışmalarında, ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen yoğurt örneklerinin granül sayısı değerlerinin, homojenizasyon işleminin gerçekleştirildiği sıcaklıktan bağımsız olarak ısıtıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen yoğurt örneklerinin granül sayısı değerlerinden yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Süte ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanmasının, sütteki denatüre peyniraltı suyu proteinleri ve kazein/peyniraltı suyu protein komplekslerinden oluşan protein kümelerinin yağ globüllerini ikincil bir zar gibi kaplamasına neden olduğu ve buna bağlı olarak da düzensiz şekilli, kaba ve hacimli partiküller oluştuğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada homojenizasyon işleminin sırası ve sıcaklığının yoğurt örneklerinin granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.001$), ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen yoğurt örneklerinin granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin, ısıtıl işlem önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlardan üretilen yoğurt örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda kefir örneklerine ait elde ettiğimiz granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait sonuçların yukarıda bahsi geçen çalışmadaki sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.24. Kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Granül sayısı (granül sayısı/3 g örnek)	Granül çevre uzunluğu (mm)	Görsel pürüzlülük (Ort _{mys})
Homojenizasyon İşlemi Basıncı			
150 bar	67.72 ± 15.78b	3.55 ± 0.58b	2.37 ± 0.55b
150/30 bar	84.11 ± 19.68a	3.99 ± 0.55a	3.28 ± 1.27a
Homojenizasyon İşleminin Sırası			
Isıtıl işlemden önce	66.95 ± 18.27b	3.45 ± 0.53b	2.10 ± 0.48b
Isıtıl işlemden sonra	84.89 ± 16.60a	4.10 ± 0.50a	3.54 ± 1.03a
Depolama Süresi			
1. gün	59.92 ± 14.76c	3.31 ± 0.55c	2.14 ± 0.81c
15. gün	73.25 ± 10.94b	3.86 ± 0.34b	3.01 ± 0.95b
30. gün	94.58 ± 14.37a	4.20 ± 0.57a	3.32 ± 1.09a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

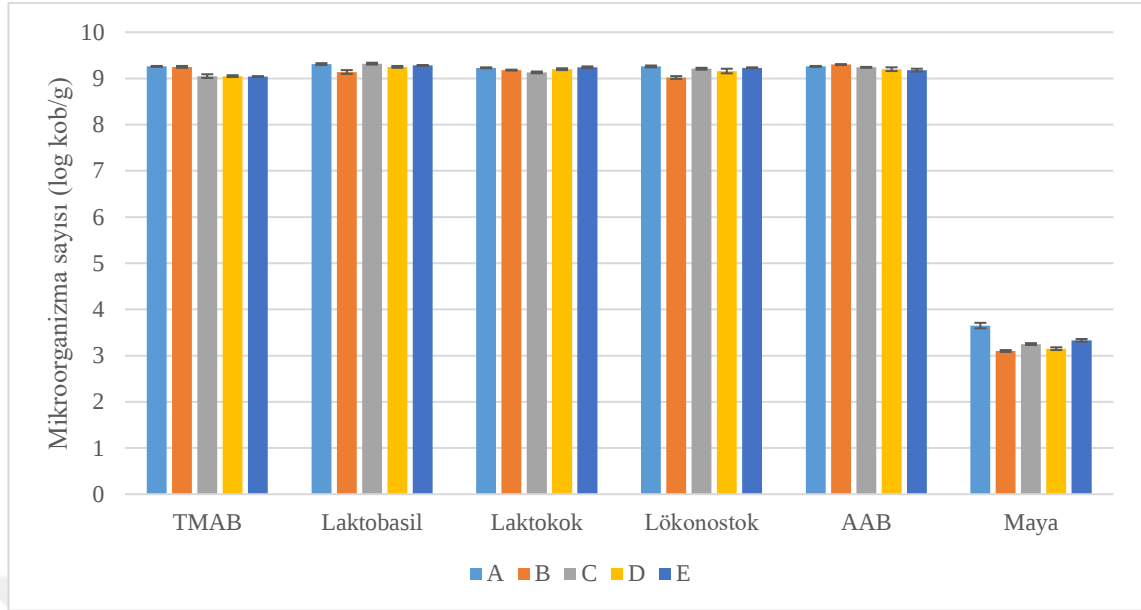
4.3. Kefir Örneklerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Isıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası olmak üzere tek kademeli ve çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen kefir örneklerinde depolamanın ilk gününde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayımlarına ait logaritmik değerler Çizelge 4.25’de ve bu değerlerde meydana gelen değişimleri gösteren grafik Şekil 4.8’de verilmiştir. Mikrobiyolojik analizler sonucunda, kefir örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayılarının sırasıyla 9.04-9.26 log kob/g, 9.14-9.31 log kob/g, 9.13-9.24 log kob/g, 9.02-9.26 log kob/g, 9.18-9.30 log kob/g ve 3.10-3.65 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kefir üretiminde meydana gelmesi muhtemel olan kontaminasyonları belirlemek amacıyla örneklerde yapılan koliform grubu bakteri analizlerinde ise herhangi bir koliform bakteri kolonisi bulunamamıştır.

Çizelge 4.25. Kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayım sonuçları (log kob/g)

Örnekler	TMAB ^a	Laktobasil	Laktokok	Lökonostok	AAB ^b	Maya
A	9.26 ± 0.01	9.31 ± 0.02	9.23 ± 0.01	9.26 ± 0.02	9.26 ± 0.01	3.65 ± 0.06
B	9.25 ± 0.02	9.14 ± 0.04	9.18 ± 0.01	9.02 ± 0.03	9.30 ± 0.01	3.10 ± 0.02
C	9.05 ± 0.04	9.32 ± 0.02	9.13 ± 0.02	9.21 ± 0.02	9.24 ± 0.01	3.25 ± 0.02
D	9.05 ± 0.02	9.25 ± 0.02	9.20 ± 0.02	9.16 ± 0.05	9.20 ± 0.04	3.15 ± 0.03
E	9.04 ± 0.01	9.28 ± 0.01	9.24 ± 0.02	9.23 ± 0.01	9.18 ± 0.03	3.33 ± 0.03

^a: Toplam mezofilik aerobik bakteri, ^b: Asetik asit bakterisi, **A**: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B**: Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C**: Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D**: Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E**: Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği



Şekil 4.8. Kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayımları (log kob/g)

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Mikrobiyolojik analizlerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucu incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncının kefir örneklerinde belirlenen maya sayısı üzerinde $P<0.01$ önem düzeyinde, toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok ve lökonostok sayıları üzerinde $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiş olup asetik asit bakterisi sayısı üzerinde ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Diğer ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işleminin sırasının kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri ve laktokok sayıları üzerinde $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu; ancak laktobasil, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayıları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin ise kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil ve laktokok sayıları üzerinde istatistiksel açıdan $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27).

Çizelge 4.26. Kefir örneklerinin belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok sayım sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları (log kob/g)

Varyasyon Kaynakları	S. D	TMAB ^a sayısı (log kob/g)		Laktobasil sayısı (log kob/g)		Laktokok sayısı (log kob/g)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	0.02	19.88*	0.02	18.08*	0.00	0.02
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	0.02	19.88*	0.00	2.42	0.01	14.88*
HB × HS	1	0.02	16.35*	0.01	10.33*	0.00	5.90*
Hata	4	0.00		0.00		0.00	

*P<0.05 düzeyinde önemli

^a Toplam mezofilik aerobik bakteri**Çizelge 4.27.** Kefir örneklerinin belirlenen lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayım sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları (log kob/g)

Varyasyon Kaynakları	SD	Lökonostok sayısı (log kob/g)		AAB ^a sayısı (log kob/g)		Maya sayısı (log kob/g)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	0.04	16.82*	0.00	0.27	0.06	40.01**
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	0.01	6.52	0.01	5.69	0.01	5.25
HB × HS	1	0.01	2.64	0.00	3.11	0.00	0.21
Hata	4	0.00		0.00		0.00	

**P<0.01 düzeyinde önemli, *P<0.05 düzeyinde önemli

^a Asetik asit bakterisi

Kefir örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok, asetik asit bakterisi ve maya sayılarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29’da verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde; ilk kademede 150 bar ve ikinci kademede 30 bar basınç altında gerçekleştirilen homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinde belirlenen laktobasil, laktokok ve maya sayılarının, tek kademeli olarak 150 bar basınç altında gerçekleştirilen homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinden daha yüksek, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının ise daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının bu süttten üretilen kefir örneklerinin laktokok ve asetik asit bakterisi sayılarında azalmaya neden olduğu, ancak bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı (P>0.05) görülmüştür. Isıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinde belirlenen laktobasil, laktokok,

lökönostok, asetik asit bakterisi ve maya sayılarının, ısıtılma işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinden daha yüksek, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının ise daha düşük olduğu bulunmuştur. Ancak laktobasil, laktokok, asetik asit bakterisi ve maya sayıları açısından kefir örnekleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28. Kefir örneklerinin belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (log kob/g)

	TMAB ^a sayısı (log kob/g)	Laktobasil sayısı (log kob/g)	Laktokok sayısı (log kob/g)
Homojenizasyon İşlemi			
Basıncı			
150 bar	9.15 ± 0.10a	9.20 ± 0.06b	9.19 ± 0.02a
150/30 Bar	9.05 ± 0.03b	9.30 ± 0.03a	9.18 ± 0.06a
Homojenizasyon İşleminin Sırası			
Isıl işlem öncesi	9.15 ± 0.11a	9.23 ± 0.10a	9.15 ± 0.03b
Isıl işlem sonrası	9.04 ± 0.02b	9.27 ± 0.02a	9.22 ± 0.03a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

^a Toplam mezofilik aerobik bakteri

Çizelge 4.29. Kefir örneklerinin belirlenen lönkonostok ve maya sayım sonuçlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (log kob/g)

	Lönkonostok sayısı (log kob/g)	Maya sayısı (log kob/g)
Homojenizasyon İşlemi		
Basıncı		
150 bar	9.09 ± 0.08b	3.12 ± 0.04b
150/30 bar	9.22 ± 0.02a	3.29 ± 0.05a
Homojenizasyon İşleminin Sırası		
Isıl işlem öncesi	9.11 ± 0.10a	3.18 ± 0.08a
Isıl işlem sonrası	9.19 ± 0.06a	3.24 ± 0.10a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre kefirdeki toplam spesifik mikroorganizma sayısının en az 10^7 kob/g ve maya sayısının en az 103 kob/g düzeyinde olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2022). Çalışmamızda üretilen kefir örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları, söz konusu tebliğde belirtilen değerler ile uyumludur. İnek ve koyun sütlerinden kefir danesi ve kefir starter kültürü kullanılarak üretilen kefirlerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, kefir örneklerinin depolama süresince laktobasil, laktokok ve maya sayıları

incelenmiş ve koyun sütünden kefir starter kültürü ile üretilen kefir örneklerinin depolama süresince laktokok, laktobasil ve maya sayılarının sırasıyla 8.40-8.57 log kob/g, 8.35-8.75 log kob/g ve 2.73-6.11 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada depolama boyunca kefir starter kültürü ile koyun sütünden üretilen kefir örneklerinin laktokok, laktobasil ve maya sayılarının, inek sütünden kefir starter kültürü ile üretilen kefir örneklerine göre yüksek olduğu belirtilmiştir (Arda 2020).

Farklı süt türleri kullanılarak üretilen kefirlerin mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada koyun, keçi ve inek sütlerinden kefir danesi ile kefir üretilmiş örneklerin laktik asit bakterisi, asetik asit bakterisi ve maya sayıları belirlenmiştir. Koyun sütünden üretilen kefir örneklerindeki laktik asit bakterisi, asetik asit bakterisi ve maya sayıları sırasıyla 9.42 log kob/mL, 9.57 log kob/mL ve 5.78 log kob/mL; keçi sütünden üretilen kefir örneklerindeki laktik asit bakterisi, asetik asit bakterisi ve maya sayıları sırasıyla 8.75 log kob/mL, 8.58 log kob/mL ve 5.94 log kob/mL; inek sütünden üretilen kefir örneklerindeki laktik asit bakterisi, asetik asit bakterisi ve maya sayıları sırasıyla 8.57 log kob/mL, 8.25 log kob/mL ve 6.75 log kob/mL olarak tespit edilmiştir. Çalışmada koyun sütünden üretilen kefir örneklerindeki laktik asit bakterisi ve asetik asit bakterisi sayılarının, keçi ve inek sütlerinden üretilen kefirlerdeki laktik asit bakterisi ve asetik asit bakterisi sayılarına göre daha yüksek, maya sayısının ise daha düşük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kullanılan süt türlerinin kefir örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir (Guangsen vd. 2021).

İnek sütlerine tek kademeli ve çift kademeli olmak üzere dört farklı basınçta (15, 15/5, 30, 30/5 MPa) homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen kefirlerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, depolamanın ilk gününde kefir örneklerindeki laktobasil, laktokok, toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya sayılarının sırasıyla 8.48-8.76 log kob/g, 8.72-8.91 log kob/g, 8.58-8.93 log kob/g ve 5.48-5.94 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca homojenizasyon işleminin tek kademeli veya çift kademeli olarak uygulanmasının kefir örneklerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde, laktokok ve maya sayıları üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu, laktobasil sayısı üzerine etkisinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir (Ergin vd. 2017).

Çalışmamızda homojenizasyon işleminin; süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak ya da ısıtma işleminden önce veya sonra uygulanmasının bu süttten üretilen kefir örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri, laktobasil, laktokok, lökonostok ve maya sayılarında neden olduğu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmasına rağmen sonuçlar arasındaki fark 1 log birimden yüksek olmadığı için pratikte bir öneminin olmadığı değerlendirilmiştir (Vural 2023). Çalışmamızda koyun sütünden üretilen kefir örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçlarının yukarıda bahsi geçen diğer çalışmalarla genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür.

4.4. Kefir Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları

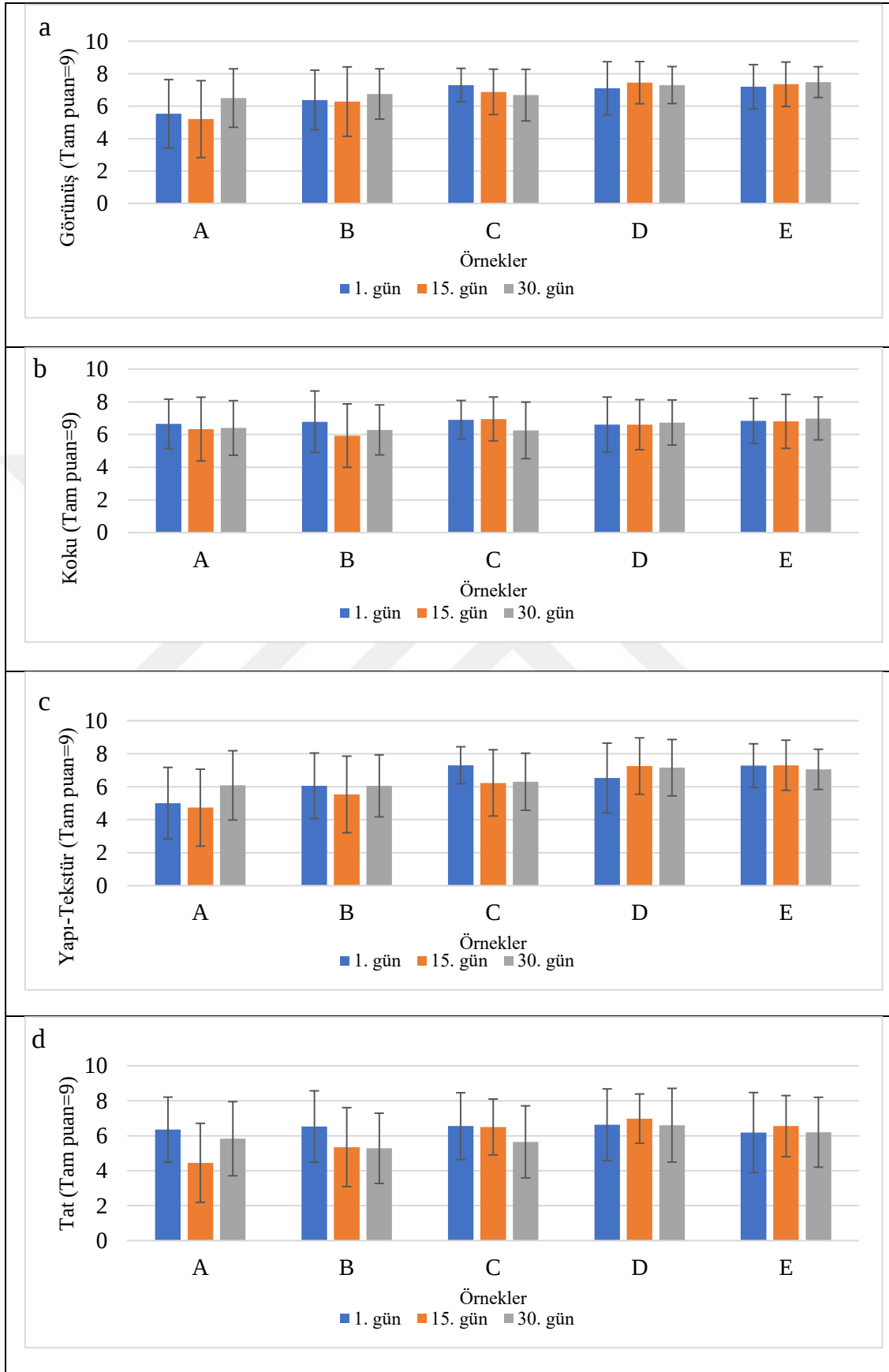
Yapılan duyusal analizlerde görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarına ait değerler Çizelge 4.30'da ve bu değerlerde meydana gelen değişimleri gösteren grafik Şekil 4.9'da verilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde, depolama süresince kefir örneklerinin 9 tam puan üzerinden görünüş bakımından 5.20 ile 7.48, koku bakımından

5.93 ile 6.98, yapı-tekstür bakımından 4.43 ile 7.30 ve tat bakımından 4.45 ile 6.98 arasında değişen puanlarla değerlendirildikleri görülmektedir.

Çizelge 4.30. Kefir örneklerine ait ortalama görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanları

Örnekler	Depolama süresi (gün)	Görünüş puanı (Tam puan=9)	Koku puanı (Tam puan=9)	Yapı-Tekstür puanı (Tam puan=9)	Tat puanı (Tam puan=9)
A	1	5.53 ± 2.11	6.65 ± 1.51	5.00 ± 2.17	6.35 ± 1.86
	15	5.20 ± 2.37	6.33 ± 1.95	4.43 ± 2.33	4.45 ± 2.26
	30	6.50 ± 1.80	6.40 ± 1.67	6.08 ± 2.10	5.83 ± 2.12
B	1	6.38 ± 1.84	6.78 ± 1.88	6.05 ± 1.99	6.53 ± 2.04
	15	6.28 ± 2.14	5.93 ± 1.94	5.53 ± 2.32	5.35 ± 2.26
	30	6.75 ± 1.55	6.28 ± 1.53	6.05 ± 1.88	5.28 ± 2.01
C	1	7.30 ± 1.03	6.90 ± 1.18	7.30 ± 1.12	6.55 ± 1.91
	15	6.88 ± 1.40	6.95 ± 1.34	6.23 ± 2.01	6.50 ± 1.60
	30	6.68 ± 1.59	6.25 ± 1.73	6.30 ± 1.73	5.65 ± 2.06
D	1	7.10 ± 1.64	6.60 ± 1.69	6.53 ± 2.11	6.63 ± 2.05
	15	7.45 ± 1.30	6.60 ± 1.53	7.25 ± 1.71	6.98 ± 1.41
	30	7.30 ± 1.14	6.73 ± 1.38	7.15 ± 1.71	6.60 ± 2.11
E	1	7.20 ± 1.36	6.83 ± 1.38	7.28 ± 1.32	6.18 ± 2.29
	15	7.35 ± 1.37	6.80 ± 1.65	7.30 ± 1.52	6.55 ± 1.75
	30	7.48 ± 0.95	6.98 ± 1.31	7.05 ± 1.22	6.20 ± 2.00

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği



Şekil 4.9. Kefir örneklerinin depolama süresince ortalama (a) görünüş, (b) koku, (c) yapı-tekstür, (d) tat puanları

A: Kontrol, homojenizasyon işlemi uygulanmamış süttten üretilen kefir örneği, **B:** Isıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **C:** Isıl işlem öncesi ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **D:** Isıl işlem sonrası tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği, **E:** Isıl işlem sonrası ilk kademede 150 bar ikinci kademede 30 bar basınçta olmak üzere homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneği

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarının istatistiksel açıdan değerlendirilmesi sonucu incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlemi basıncının yapı-tekstür puanları üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde, görünüş ve koku puanları üzerine $P<0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu; ancak tat puanları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Diğer bir ana varyasyon kaynağı olan homojenizasyon işleminin sırasının kefir örneklerinin görünüş ve yapı-tekstür puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde, tat puanları üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Homojenizasyon işleminin sırasının kefir örneklerinin koku puanları üzerine etkisinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur. Ana varyasyon kaynaklarından depolama süresinin sadece tat puanlarını $P<0.05$ önem düzeyinde etkilediği belirlenmiş; görünüş, koku ve yapı-tekstür puanları üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Ayrıca homojenizasyon işlemi basıncı ile homojenizasyon işleminin sırası arasındaki etkileşimin tat puanlarını $P<0.05$ önem düzeyinde, homojenizasyon işleminin sırası ile depolama süresi arasındaki etkileşimin yapı-tekstür ve tat puanlarını $P<0.05$ önem düzeyinde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S D	Görünüş Puanı		Koku Puanı		Yapı-Tekstür Puanı		Tat Puanı	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Homojenizasyon İşlemi Basıncı (HB)	1	8.80	3.92*	10.80	4.32*	28.03	8.85**	0.25	0.06
Homojenizasyon İşleminin Sırası (HS)	1	43.80	19.53***	7.01	2.81	86.70	27.37***	35.75	8.97**
Depolama Süresi (DS)	2	0.19	0.08	2.41	0.97	1.91	0.60	12.66	3.17*
HB × HS	1	5.42	2.42	0.68	0.27	7.50	2.37	26.60	6.67*
HB × DS	2	2.15	0.96	2.967	1.19	8.91	2.81	3.41	0.85
HS × DS	2	2.78	1.24	5.09	2.04	13.98	4.41*	14.11	3.54*
HB × HS × DS	2	3.46	1.54	3.49	1.40	0.23	0.07	3.23	0.81
Hata	468	2.24		2.50		3.17		3.99	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli, ** $P<0.01$ düzeyinde önemli, * $P<0.05$ düzeyinde önemli

Kefir örneklerinin duyuusal değerlendirilmesi sonucu elde edilen görünüş, koku, yapı tekstür ve tat puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; ilk kademede 150 bar ve

ikinci kademede 30 bar basınç altında çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarının, tek kademeli olarak 150 bar basınç altında homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen kefir örneklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması ile bu süttten üretilen kefir örneklerinin görünüş, koku ve yapı-tekstür puanlarında artış meydana gelmiştir ($P<0.05$). Homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması kefir örneklerinin tat puanlarında da artış sağlamış olmakla birlikte, söz konusu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir.

Tek kademeli olarak 150 bar ve 300 bar, çift kademeli olarak 150/50 ve 300/50 bar basınç altında homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen ayran örneklerinin duyuşal niteliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, homojenizasyon işlemi basıncındaki artışının ve homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının yapı puanları açısından ayran örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmadığı ($P>0.05$), tek kademeli olarak 300 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen ayran örneklerinin tat puanlarının, tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan süttten üretilen ayran örneklerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada ayran örneklerinin yapı, tat ve görünüş puanlarının depolama süresince azaldığı bildirilmiştir (Yalçın 2016). Çalışmamızda homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması ile birlikte kefir örneklerinin görünüş ve yapı-tekstür puanlarının artmasının görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerlerindeki artışla ilgili olabileceği değerlendirilmiştir.

Duyuşal değerlendirmede sütlere ısıtıl işlemden önce ve ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanması kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarını etkilemiş, ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin görünüş, yapı-tekstür ve tat puanlarının, ısıtıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilenlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Kefir örneklerinin koku puanlarındaki artışın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. Isıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen örneklerin görünüş ve tekstür puanlarının daha yüksek olmasının, görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerlerinin yüksek olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.32. Kefir örneklerinin görünüş, koku, yapı-tekstür ve tat puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Görünüş puanı	Koku puanı	Yapı-Tekstür puanı	Tat puanı
Homojenizasyon İşlemi Basıncı				
150 bar	6.88 ± 1.70b	6.48 ± 1.70b	6.43 ± 2.06b	6.23 ± 2.10a
150/30 bar	7.15 ± 1.39a	6.78 ± 1.55a	6.91 ± 1.71a	6.27 ± 1.89a
Homojenizasyon İşleminin Sırası				
Isıl işlemlemeden önce	6.71 ± 1.71b	6.51 ± 1.69a	6.24 ± 2.02b	5.98 ± 2.06b
Isıl işlemlemeden sonra	7.31 ± 1.24a	6.75 ± 1.46a	7.09 ± 1.51a	6.52 ± 1.96a
Depolama Süresi				
1. gün	6.99 ± 1.54a	6.78 ± 1.56a	6.79 ± 1.77a	6.47 ± 2.08a
15. gün	6.98 ± 1.66a	6.57 ± 1.68a	6.58 ± 2.05a	6.34 ± 1.88ab
30. gün	7.05 ± 1.38a	6.56 ± 1.53a	6.64 ± 1.72a	5.93 ± 2.11b

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

İnek ve koyun sütlerine kefir danesi veya kefir starter kültürü aşıl原因arak üretilen kefirlerin 28 günlük depolama süresince duyuşal özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; depolama süresi, süt türü, kefir starter kültürü veya kefir danesi kullanımının kefirlerin görünüş puanları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, koyun sütünden üretilen kefir örneklerinin kıvam puanlarının inek sütünden üretilenlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kefir örneklerinin kıvam puanları üzerine kefir danesi veya kefir starter kültürü kullanımının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak inek sütünden üretilen kefir örneklerinin koyun sütünden üretilenlere göre panelistlerce daha lezzetli algılandığı bildirilmiştir (Arda 2020). Cais-Sokolińska vd. (2008) farklı inkübasyon sıcaklıkları (23°C ve 26°C) ve starter kültür çeşitleri kullanarak koyun sütünden ürettikleri kefir örneklerinin 21 günlük depolama süresince fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Kefir örneklerinin duyuşal değerlendirilmesinde; tat puanlarının depolama süresince azaldığı, yapı ve genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanların depolamanın 7. gününde tespit edildiği ve sonrasında söz konusu puanların düşüş gösterdiği belirtilmiştir. Farklı süt türleri ve starter kültür çeşidinin kefir örneklerinin mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada koyun, keçi ve inek sütlerinden üretilen kefir örneklerinde en yüksek tat puanının koyun sütünden üretilen kefir örneklerine ait olduğu belirlenmiştir. Çalışmada örneklerin duyuşal özelliklerinin süt türlerinden de etkilendiği bildirilmiştir (Wszolek vd. 2001).

Çalışmamızda depolama süresince kefir örneklerinin tat puanlarının azaldığı (P<0.05) belirlenmiş olup görünüş, koku ve yapı-tekstür puanlarında meydana gelen değişimlerin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır (P>0.05). Aşçı Arslan (2015) ve Akbulut Ataman (2020) çalışmalarında kefir örneklerinde tespit edilen maya sayısının depolama süresince arttığı ve depolamaya bağlı olarak tat puanlarında meydana gelen azalmanın maya sayısındaki artıştan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda da depolama süresince kefir örneklerinde meydana gelen mikrobiyal faaliyetten dolayı tat puanlarının azalmış olabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Çalışmamızda kurumadde miktarı %8'e standardize edilen koyun sütüne, ısıtıl işlem öncesi ve ısıtıl işlem sonrası olmak üzere tek kademeli 150 bar ve çift kademeli 150/30 bar basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak kefir üretilmiş ve üretilen kefir örneklerinin 4°C'de 30 gün depolanması süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri incelenmiştir.

Araştırmamız sonucunda; tek kademeli veya çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanmasının süt örneklerinin D[4,3], D[3,2] ve spesifik yüzey alanı değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilediği ve homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanmasının sütün D[4,3] ve D[3,2] değerlerini azalttığı, spesifik yüzey alanı değerini ise arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerde D[4,3] değerinin, ısıtıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütler göre yüksek, spesifik yüzey alanı değerinin ise düşük olduğu saptanmıştır.

Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen en yüksek pH değeri kontrol örneğinde depolamanın ilk günü, en yüksek titrasyon asitliği değeri ısıtıl işlem sonrası çift kademeli olarak 150/30 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen kefir örneğinde depolamanın 30. günü; en düşük pH değeri ısıtıl işlem sonrası çift kademeli olarak 150/30 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen örnekte depolamanın 30. günü ve en düşük titrasyon asitliği değeri ısıtıl işlem öncesi tek kademeli olarak 150 bar basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen kefir örneğinde depolamanın ilk günü tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin pH değerleri azalmış, titrasyon asitliği değerleri ise artış göstermiştir.

Çift kademeli olarak 150/30 bar basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinin, tek kademeli olarak 150 bar basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon işleminin sırası, kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiş olup ısıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinin serum ayrılması değerlerinin, ısıtıl işlemden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilenlere göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Sütler uygulanan homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması ve sütler uygulanan ısıtıl işlemin homojenizasyon işleminden önce uygulanması kefir örneklerine ait görünür viskozite değerlerini arttırmıştır.

Çalışmamızda kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.28 ile 0.37 arasında değiştiği saptanmış ve tüm kefir örneklerinin depolama süresince Newton tipi olmayan pseudoplastik akış gösterdiği belirlenmiştir. Homojenizasyon işleminin sırası kefir örneklerinin kıvam katsayısı ve tiksotropi değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir. Kefir örneklerinin görüntüleme analizlerinde depolama süresince granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Homojenizasyon işlemi basıncının artması ve homojenizasyon işleminin tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması kefir örneklerinin granül sayısı, granül çevre uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin artmasına neden olmuştur. Isıtıl işlemden sonra homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefirlerin granül sayısı, granül çevre

uzunluğu ve görsel pürüzlülük değerlerinin, ısıtıl işleminden önce homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerden üretilen kefir örneklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan duyu analizlerinde homojenizasyon işleminin süte tek kademeli yerine çift kademeli olarak uygulanması, kefir örneklerinin görünüş, koku ve yapı-tekstür puanlarını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiş ve süte uygulanan çift kademeli homojenizasyon işlemiyle kefir örneklerinin görünüş, koku ve yapı-tekstür puanlarının arttığı tespit edilmiştir.

Sütlere uygulanan homojenizasyon işleminin kefirlerin fizikokimyasal, reolojik, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri üzerine etkisi, tek kademeli ve çift kademeli olmak üzere farklı basınçlarda homojenizasyon işlemi uygulanmasına ve homojenizasyon işleminin sırasına (ısıtıl işleminden önce veya sonra uygulanması) bağlı olarak değişebilmektedir. Karakteristik kokusu nedeniyle içme sütü olarak tüketimi çok tercih edilmeyen koyun sütünün sağlığa yararlı etkilerinden tüketicilerin faydalanabilmeleri için kefir üretiminde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.



6. KAYNAKLAR

- Ahmed, Z., Wang, Y., Ahmad, A., Khan, S. T., Nisa, M., Ahmad, H. and Afreen, A. 2013. Kefir and health: a contemporary perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5): 422-434.
- Ak, G. 2018. Yenilebilir kıvamda üretilen meyveli kefirlerin fizikokimyasal, duysal ve mikrobiyolojik özellikleri. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 62 s.
- Akal, H. C. 2017. Ayran üretiminde peyniraltı suyu tozu ve transglutaminaz enzimi kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 147 s.
- Akbulut Ataman, F. 2020. Laktozlu ve laktozsuz süttten kefir danesi ilavesiyle üretilen kefiirlere çilek püresi katılarak fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 75 s.
- Akincioğlu, N. 2007. Yüksek basınçta homojenizasyon işleminin karıştırılmış yoğurdun yapısal özelliklerine etkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 59 s.
- Altay, F., Karbancıoğlu-Güler, F., Daskaya-Dikmen, C. and Heperkan, D. 2013. A review on traditional Turkish fermented non-alcoholic beverages: Microbiota, fermentation process and quality characteristics. *International Journal of Food Microbiology*, 167(1): 44-56.
- Amatayakul, T., Sherkat, F. and Shah, N. P. 2006. Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. *International Journal of dairy technology*, 59(3): 216-221.
- Anonim 1994. TS 1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 1995. TS 8189 Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu (Rutin Metod) Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2019. Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği. Tebliğ No:2019/12, Ankara.
- Anonim 2022. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2022/44, Ankara.
- Anonymous 1998. Milk and milk products-enumeration of coliforms. *International IDF Standard 73B*, Belgium, pp 10.
- Anonymous 2001. Milk and Milk Products-General Guidance for the Preparation of Test Samples, Initial Suspensions and Decimal Dilutions for Microbiological Examination. *International IDF Standard*, Belgium, pp 12.
- Anonymous 2022. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. Dairy and dairy products, OECD Publishing, Paris.
- Arda, B. 2020. İnek ve Koyun sütünden dane veya kültür kullanılarak üretilen kefirlerin yağ asidi profili. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 83 s.
- Arıkan, B. 2009. Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun ayva püresinin reolojik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 84 s.

- Aşçı Arslan, A. 2015. Üretim parametrelerinin kefirin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri üzerine etkisi ile üretilen kefirlerin peptid profilinin belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 210 s.
- Atamer, M., Yıldırım, M. ve Yıldırım, Z. 1992. Farklı basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin set yoğurtların bazı nitelikleri üzerine etkisi II. serbest yağ asitleri içeriğine etkisi. *Gıda*, 17(5).
- Azizkhanian, M., Saris, P. E. J. and Baniasad, M. 2020. Inhibitory effect of different types of fermented milk on *Candida albicans*. *International Journal Enteric Pathogens*, 8(3): 94-100.
- Balthazar, C. F., Pimentel, T. C., Ferrao, L. L., Almada, C. N., Santillo, A., Albenzio, M. and Cruz, A. G. 2017. Sheep milk: physicochemical characteristics and relevance for functional food development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2): 247-262.
- Baniasadi, M., Azizkhani, M., Saris, P. E. J. and Tooryan, F. 2022. Comparative antioxidant potential of kefir and yogurt of bovine and non-bovine origins. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4): 1307-1316.
- Barazi, Ü. 2022. Mürverce zenginleştirilmiş fonksiyonel kefir üretimi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 95 s.
- Bensmira, M., Nsabimana, C. and Jiang, B. 2010. Effects of fermentation conditions and homogenization pressure on the rheological properties of kefir. *Food Science and Technology*, 43:1180-1184.
- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M. and Innocente, N. 2013. Effects of high pressure homogenisation of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. *International Dairy Journal*, 32(1): 40-45
- Bonczar, G., Walczycka, M. B., Domagała, J., Maciejowski, K., Najgebauer-Lejko, D., Sady, M. and Wszolek, M. 2016. Effect of dairy animal species and of the type of starter cultures on the cholesterol content of manufactured fermented milks. *Small Ruminant Research*, 136: 22-26.
- Buran, İ. 2020. Probiyotik ve prebiyotiklerin sinbiyotik kullanımının inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerin kalite özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 175 s.
- Cais-Sokolińska, D., Danków, R. and Pikul, J. 2008. Physicochemical and sensory characteristics of sheep kefir during storage. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 7(2): 63-73.
- Cano-Ruiz, M. E. and Richter, R. L. 1997. Effect of homogenization pressure on the milk fat globule membrane proteins. *Journal of Dairy Science*, 80: 2732-2739
- Cesur, H. 2014. Kurutulmuş turuncgil kabuklarının kefirin bazı mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 74 s.
- Czyżak-Runowska, G., Wójtowski, J. A., Łęska, B., Bielińska-Nowak, S., Pytlewski, J., Antkowiak, I. and Stanisławski, D. 2022. Lactose content and selected quality parameters of sheep milk fermented beverages during storage. *Animals*, 12(22): 3105.

- Çakır, E. 2018. Ozon gazı uygulanmış koyun sütü örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 61 s.
- de Lima, M. D. S. F., da Silva, R. A., da Silva, M. F., da Silva, P. A. B., Costa, R. M. P. B., Teixeira, J. A. C., ... and Cavalcanti, M. T. H. 2018. Brazilian kefir-fermented sheep's milk, a source of antimicrobial and antioxidant peptides. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10: 446-455.
- Dimitreli, G., Gregoriou, E. A., Kalantzidis, G. and Antoniou, K. D. 2013. Rheological properties of kefir as affected by heat treatment and whey protein addition. *Journal of Texture Studies*, 44(6): 418-423.
- Dinç, A. 2008. Kefirin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 59 s.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ankara, 381 s.
- Ergin, F., Öz, G., Özmen, Ü., Erdal, Ş., Çavana, E. ve Küçükçetin, A. 2017. Sütün homojenizasyonunun kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(4): 368-376.
- Ergin, F. and Küçükçetin, A. 2022. Effects of changes in homogenization sequence and temperature for milk on physicochemical properties of stirred yoghurt. *Food Science and Technology International*, 10820132221138827.
- Erinç, Ö. 2017. Kefirlerin konjüge linoleik asit içeriği üzerine ayçiçek yağı ilavesinin etkisi. Yüksek lisans tezi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, 47 s.
- Farag, M. A., Jomaa, S. A., Abd El-Wahed, A. and R. El-Seedi, H. 2020. The many faces of kefir fermented dairy products: Quality characteristics, flavour chemistry, nutritional value, health benefits, and safety. *Nutrients*, 12(2): 346.
- Ender, G. 2009. Oligofruktozla zenginleştirilmiş süttten üretilen kefirlerin kalitesi üzerine tane ve kültür kullanımının etkileri. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 236 s.
- Ertekin, B. 2008. Yağ ikame maddeleri kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 89 s.
- Ertekin, B. and Guzel-Seydim, Z. B. 2010. Effect of fat replacers on kefir quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(4): 543-548.
- Gantner, V., Mijić, P., Baban, M., Škrtić, Z. and Turalija, A. 2015. The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 65(4): 223-231.
- García Fontán, M. C., Martinez, S., Franco, I. and Carbolla, J. 2006. Microbiological and chemical changes during the manufacture of kefir made from cows' milk, using a commercial starter culture. *International Dairy Journal*, 16: 762-767.
- García-Risco, M. R., Ramos, M. and López-Fandiño, R. 2002. Modifications in milk proteins induced by heat treatment and homogenization and their influence on susceptibility to proteolysis. *International Dairy Journal*, 12(8): 679-688.

- Gilbert, A. and Turgeon, S. L. 2021. Studying stirred yogurt microstructure and its correlation to physical properties: A review. *Food Hydrocolloids*, 121: 106970.
- Guangsen, T., Xiang, L. and Jiahu, G. 2021. Microbial diversity and volatile metabolites of kefir prepared by different milk types. *CyTA-Journal of Food*, 19(1): 399-407.
- Gut, A. M., Vasiljevic, T., Yeager, T. and Donkor, O. N. 2021. Kefir characteristics and antibacterial properties-potential applications in control of enteric bacterial infection. *International Dairy Journal*, 118: 105021.
- Guzel-Seydim, Z., Wyffels, J. T., Seydim, A. C. and Greene, A. K. 2005. Turkish kefir and kefir grains: microbial enumeration and electron microscobic observation. *International Journal of Dairy Technology*, 58(1): 25-29.
- Guzel-Seydim, Z. B., Kok-Tas, T., Greene, A. K. and Seydim, A. C. 2011. Functional properties of kefir. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3): 261-268.
- Gül, O., Atalar, I., Mortaş, M. ve Dervişoğlu, M. 2018. Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: A comparison with cows' milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 71: 73-80.
- Gürel, D. B., Ildız, M., Sabancı, S., Koca, N., Çağındı, Ö. ve İçier, F. 2021. The effect of using cow and goat milk on antioxidant, rheological and sensory properties of kefir. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1): 7-14.
- Gürsoy, O., Kınık, Ö. ve Akbulut, N. 2003. Protein-Lipit interaksiyonları ve bunların süt ve süt ürünlerindeki önemi. *Akademik Gıda*, 1(3): 14-19.
- Hertzler, S. R. and Clancy, S. M. 2003. Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(5): 582-587.
- Hochwallner, H., Schulmeister, U., Swoboda, I., Spitzauer, S. and Valenta, R. 2014. Cow's milk allergy: From allergens to new forms of diagnosis, therapy and prevention. *Methods*, 66(1): 22-33.
- Ion-Titapiccolo, G., Alexander, M. and Corradig, M. 2013. Heating of milk before or after homogenization changes its coagulation behaviour during acidification. *Food Biophysics*, 8(2): 81-89.
- Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torpe, P. and Ibanez, F. 2005. Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90(4): 613-620.
- Jensen, S., Rolin, C. and Ipsen, R. 2010. Stabilisation of acidified skimmed milk with HM pectin. *Food Hydrocolloids*, 24(4): 291-299.
- Ji, Y. R. D., Lee, S. K. and Anema, S. G. 2011. Effect of heat treatments and homogenisation pressure on the acid gelation properties of recombined whole milk. *Food Chemistry*, 129(2): 463-471.
- Karakuş, M. Ş., Polat, Z., Kamacı, S. ve Atasoy, A. 2021. Sadeyağ üretiminde kullanılan süt, yoğurt ve kremanın gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4): 546-555.

- Karatepe, P. ve Yalçın, H. 2014. Kefirli sağlık. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 4(2): 23-30.
- Kelgökmen, D. 2022. Isıl işlem ve homojenizasyonun UHT sütlerde protein yapısı üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 108 s.
- Kessler, H. G. 1997. The structure of fermented milk products as influenced by technology and composition. *Texture of fermented milk products and dairy desserts*, Proceedings of International Dairy Federation Symposium, pp. 95-105, 5-6 May, Vicenza, Italy.
- Koksoy, A. ve Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, 18(4): 593-600.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. Çağlar, A. 1993. Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Yayınları: 252, Erzurum, 238 s.
- Küçükçetin, 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.
- Küçükçetin, A., Weidendorfer, K. and Hinrichs, J. 2009. Graininess and roughness of stirred yoghurt as influenced by processing. *International Dairy Journal*, 19(1): 50-55.
- Küçükçetin, A., Comak, E. M., Asçı, A., Demir, M. and Sık, B. 2012. Effect of casein to whey protein ratio of skim milk on the physical properties of a yoghurt drink, Ayran. *Milchwissenschaft*, 67(3): 274-276.
- 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.
- Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M. and De La Fuente, M. A. 2005. Conjugated linoleic acid in ewe milk fat. *Journal of Dairy Research*, 72(4): 415-424.
- Magra, T. I., Antoniou, K. D. and Psomas, E. I. 2012. Effect of milk fat, kefir grain inoculum and storage time on the flow properties and microbiological characteristics of kefir. *Journal of Texture Studies*, 43(4): 299-308.
- Mainville, I., Montpetit, D., Durand, N. and Farnworth, E. R. 2001. Deactivating the bacteria and yeast in kefir using heat treatment, irradiation and high pressure. *International Dairy Journal*, 11: 45-49.
- Martín-Diana, A. B., Janer, C., Peláez, C. and Requena, T. 2004. Effect of milk fat replacement by polyunsaturated fatty acids on the microbiological, rheological and sensorial properties of fermented milks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12): 1599-1605.
- Matar, C., LeBlanc, J.G., Martin, L. and Perdigón, G. 2003. Biologically active peptides released in fermented milk: role ve functions. In: Farnworth, E.R. (Ed), *Handbook of Fermented Functional Foods*, Boca Raton, USA, pp. 177-201.
- Metin, M. 2013. Süt Teknolojisi. Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Yayınları:8, Ders Kitabı, İzmir 802 s.

- Moatsou, G. and Sakkas, L. 2019. Sheep milk components: Focus on nutritional advantages and biofunctional potential. *Small Ruminant Research*, 180: 86-99.
- Mohapatra, A., Shinde, A. K. and Singh, R. 2019. Sheep milk: A pertinent functional food. *Small Ruminant Research*, 181: 6-11.
- Nguyen, H. T., Ong, L., Kentish, S. E. and Gras, S. L. 2015. Homogenisation improves the microstructure, syneresis and rheological properties of buffalo yoghurt. *International Dairy Journal*, 46: 78-87.
- Ospanov, A. and Toxanbayeva, B. 2020. Production of high quality sheep's milk. *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(2):3077-3084
- Önür, Z. Y. 2015. Keçi ve koyun sütlerinin kimyasal bileşimleri. *Gıda*, 40(6): 363-371.
- Ötleş, S. ve Çağındı, O. 2003. Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan journal of nutrition*, 2(2): 54-59.
- Özer, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas yayınları, Şanlıurfa, 486 s.
- Özünlü, B. T. ve Koçak, C. 2010. Süte farklı homojenizasyon basınçları uygulamanın ayran kalitesine etkisi. *Gıda*, 35(3): 189-195.
- Pan, Z., Ye, A., Li, S., Dave, A., Fraser, K. and Singh, H. 2021. Dynamic in vitro gastric digestion of sheep milk: Influence of homogenization and heat treatment. *Foods*, 10(8): 1938.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., and Haenlein, G. F. W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2): 88-113.
- Patrignani, F., Iucci, L., Lanciotti, R., Vallicelli, M., Mathara, J. M., Holzapfel, W. H. and Guerzoni, M. E. 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.
- Rattray, F.P. and O'Connell, O. 2011. Fermented milks kefir. In: J.W. Fukay (Ed), *Encyclopedia of Dairy Sciences*, San Diego, USA, pp. 518-524.
- Raynal-Ljutovac, K., Park, Y. W., Gaucheron, F. and Bouhallab, S. 2007. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2): 207-220.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I. and Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79(1): 57-72.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I. and Tissier, J. P. 2003. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, 13(9): 773-782.
- Revilla, I., Escuredo, O., Gonzalez-Martin, M. I. and Palacios, C. 2017. Fatty acids and fat-soluble vitamins in ewe's milk predicted by near infrared reflectance spectroscopy. Determination of seasonality. *Food Chemistry*, 214: 468-477.

- Sarıca, E. 2019. Farklı sütlerden yapılan kefirlerin buzdolabı sıcaklığında ve dondurarak depolanması esnasında meydana gelen değişimler. Doktora tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, 166 s.
- Sarıca, E. 2022. Kefirin üretimi, özellikleri ve alkol içeriği. Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi, 4(2): 69-82.
- Saygılı, D., Döner, D., İçier, F. and Karagözlü, C. 2021. Rheological properties and microbiological characteristics of kefir produced from different milk types. Food Science and Technology, 42.
- Saygılı, D. ve Karagözlü, C. 2019. Kefir: Bileşimi ve anti-ajan özellikleri. In: Erkmen, O., Akhmetov, N. (Ed.), Ganud International Conference on Gastronomy, Nutrition and Dietetics. Conference Book, Gaziantep, pp. 112-116.
- Sfakianakis, P. and Tzia, C. 2014. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. Foods, 3(1): 176-193.
- Sodanlo, A. and Azizkhani, M. 2021. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of water-soluble peptides extracted from iranian traditional Kefir. International Journal of Peptide Research and Therapeutics, 27(2): 1441-1449.
- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. 2006. Yoghurt Science and Technology. Woodhead Publishing Limited (3rd ed.), England, 61-67p.
- Tamime, A. Y., Wszolek, M., Božanić, R., and Özer, B. 2011. Popular ovine and caprine fermented milks. Small Ruminant Research, 101(1-3): 2-16.
- Tiwari, S., Kavitate, D., Devi, P. B. and Shetty, P. H. 2021. Bacterial exopolysaccharides for improvement of technological, functional and rheological properties of yoghurt. International Journal of Biological Macromolecules, 183: 1585-1595.
- Tomar, O., Çağlar, A. ve Akarca, G. 2017. Kefir ve sağlık açısından önemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(2): 834-853.
- Tratnik, L., Bozanic, R., Herceg, Z. and Dragalic, I. 2006. The quality of plain and supplemented kefir from goat's and cow's milk. International Journal of Dairy Technology, 59: 40-46.
- Tribst, A. A. L., Falcade, L. T. P., Carvalho, N. S., Junior, B. R. D. C. L. and de Oliveira, M. M. 2020. Using stirring and homogenization to improve the fermentation profile and physicochemical characteristics of set yogurt from fresh, refrigerated and frozen/thawed sheep milk. LWT- Food Science and Technology, 130: 109557.
- TUİK, 2012. Hayvansal üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2012-13512> (Son erişim tarihi:22.05.2013).
- TUİK, 2022. Çiğ süt üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cig-Sut-Uretim-Istatistikleri-2022-49699> (Son erişim tarihi:05.05.2023).
- Tunçtürk, Y., Ocak, E. ve Zorba, Ö. 2000. Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin set yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi. Yüzüncü Yıl Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2): 88-99

- Ulaş-Kadioğlu, B. 2017. Probiyotik süt ürünü olarak kefirin sağlıklı beslenmedeki yeri. *The Journal of Academic Social Sciences*, 60(60): 135-145.
- Ulus, C. A. ve Gücükoğlu, A. 2017. Conjugated linoleic acid and importance to health. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(1): 98-102.
- Ünal, R. N. ve Besler, H. T. 2008. Beslenmede sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın, 727.
- Vianna, F. S., Canto, A. C., da Costa-Lima, B. R., Salim, A. P. A., Costa, M. P., Balthazar, C. F. and Silva, A. C. 2017. Development of new probiotic yoghurt with a mixture of cow and sheep milk: effects on physicochemical, textural and sensory analysis. *Small Ruminant Research*, 149: 154-162.
- Vural, Y. 2023. Üretimlerinde farklı tip peynirlere ait peyniraltı suyu tozları kullanılan yoğurtların fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 74 s.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A. and Boekel van M.A.J.S. 1999. *Dairy Technology*. Marcel Dekker Inc., U.S.A., 245-264 p.
- Wang, J., Zhao, X., Tian, Z., Yang, Y. and Yang, Z. 2015. Characterization of an exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* YW11 isolated from Tibet Kefir. *Carbohydrate Polymers*, 125: 16-25.
- Wang, Y., Liu, M., Qu, X., Wang, S., Ma, Z., Zhang, R. and Yu, J. 2019. Changes in the fat globule membrane protein components of pasteurized milk caused by different homogenization conditions determined using a label-free proteomic approach. *LWT-Food Science and Technology*, 115: 108430.
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T., Cilliers, A. and Britz, T. J. 2005. Impact of preservation and different packaging conditions on the microbial community and activity of kefir grains. *Food Microbiology*, 22: 337-344.
- Wszolek, M., Tamime, A. Y., Muir, D. D., and Barclay, M. N. I. 2001. Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine milk with different starter cultures. *LWT-Food Science and Technology*, 34(4): 251-261.
- Yalçın, N. F. ve Işık, M. K. 2017. Kefir; ürün özellikleri ve insan sağlığına etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1): 439-452.
- Yalçın, S. 2016. Homojenizasyon ve ısıtma işlem uygulamalarının farklı oranlarda yağ içeren sütlerden üretilen ayranın fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 67 s.
- Yalcin, S., Ergin, F., and Küçükçetin, A. 2021. Effects of homogenization and heat treatment of milk with different fat content on physical properties of ayran. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93 (Suppl. 3), 10.1590/0001-3765202120200517
- Yaman, H., Elmalı, M. and Kamber, U. 2010. Observation of lactic acid bacteria and yeast populations during fermentation and cold storage in cow's, ewe's and goat's milk kefirs. *Kafkas University Veterinary Faculty Journal*, 16: 113-118.
- Yelce, S. ve Mevlüt, G. Ü. L. 2020. Antalya ilinde tüketicilerin kefir tüketimi ve tüketici davranışları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 316-325

- Yıldız, F. 2009. Farklı yağ oranlarının ve farklı starter kültürlerin kefirin nitelikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 200 s.
- Yıldız, F. 2016. Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, 454 p.
- Yıldız, G. 2019. Sütteki bazı pestisit kalıntılarının kefir üretimi ve depolanması sırasındaki değişimi ve kefirin kalite özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 173 s.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayazit, A. and Sahin, S. 2018. Comparison of antioxidant capacity of cow and ewe milk kefirs. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 3788-3798.
- Zhao, X. and Liang, Q. 2022. EPS-Producing *Lactobacillus plantarum* MC5 as a compound starter improves rheology, texture, and antioxidant activity of Yogurt during storage. *Foods*, 11(11): 1660.

ÖZGEÇMİŞ

Figen ÖZKUL ATEŞ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2020-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
1996-2000	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Kalite ve Üretim Müdürü	Nur Gıda San. Tic. Ltd. Şti.
2005-2019	Antalya