

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI BASINÇ VE SICAKLIK DERECELERİNDE HOMOJENİZE EDİLEN
DONDURMA KARIŞIMLARINDAN ÜRETİLEN DONDURMALARIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Esin ÖZEL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI BASINÇ VE SICAKLIK DERECELERİNDE HOMOJENİZE EDİLEN
DONDURMA KARIŞIMLARINDAN ÜRETİLEN DONDURMALARIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Esin ÖZEL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2018

ANTALYA

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

**FARKLI BASINÇ VE SICAKLIK DERECELERİNDE HOMOJENİZE EDİLEN
DONDURMA KARIŞIMLARINDAN ÜRETİLEN DONDURMALARIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Esin ÖZEL
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2017-2671 nolu proje ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BASINÇ VE SICAKLIK DERECELERİNDE HOMOJENİZE EDİLEN
DONDURMA KARIŞIMLARINDAN ÜRETİLEN DONDURMALARIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

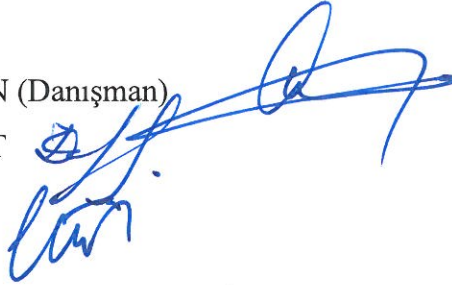
Esin ÖZEL
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 30/07/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Zafer ALPKENT

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba AKTAR



ÖZET

FARKLI BASINÇ VE SICAKLIK DERECELERİNDE HOMOJENİZE EDİLEN DONDURMA KARIŞIMLARINDAN ÜRETİLEN DONDURMALARIN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Esin ÖZEL

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Temmuz 2018; 79 sayfa

Bu çalışmada, farklı basınç ve sıcaklıklarda homojenizasyon işlemi uygulamalarının %3 yağ içeren dondurma karışımlarından üretilen dondurmaların fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine olan etkileri 90 günlük depolama süresince tespit edilmiştir. Dondurma karışımları farklı basınçlarda (15 ve 50 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak 15/3 ve 50/10 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak) ve farklı sıcaklıklarda (40°C, 50°C ve 60°C) homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Homojenize edilmeden hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Üretilen tüm dondurma örnekleri 200 g'lık plastik ambalajlara doldurularak -20°C'de 90 gün süresince depolanmış ve depolamanın 1., 45. ve 90. günlerinde dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

Homojenizasyon işlem basıncının, dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine etkisinin ve dondurma örneklerinin sertlik, hacim artışı ve yağ destabilizasyonu değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlem sıcaklığının dondurma karışımlarının viskozite değerleri ve bu karışımlardan elde edilen dondurmaların sertlik değerleri üzerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunurken, dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri üzerine etkisinin $P<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre en düşük viskozite değerleri, 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarında belirlenmiştir. Bununla birlikte, en düşük hacim artışı ve yağ destabilizasyon değerleri söz konusu dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinde tespit edilmiştir.

Dondurma örneklerinde yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre; homojenizasyon işlem basıncı ve sıcaklığının dondurma örneklerinin renk ve görünüş, tat ve koku puanları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) görülürken, yapı ve kıvam puanları üzerine homojenizasyon işlem basıncının etkisinin istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin renk ve görünüş ile yapı ve kıvam puanları üzerine depolama zamanının etkisi ise $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuş olup, tat ve koku puanları üzerine depolama zamanının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Dondurma, homojenizasyon işlemi, homojenizasyon işlem basıncı, homojenizasyon işlem sıcaklığı

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Dr. Öğr. Üyesi Zafer ALPKENT

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba AKTAR



ABSTRACT

DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF ICE CREAM PRODUCED FROM ICE CREAM MIXES HOMOGENIZED AT DIFFERENT PRESSURES AND TEMPERATURES

Esin ÖZEL

MSc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

July 2018; 79 pages

In this study, the effects of different homogenization treatments with different pressures and temperatures on the physicochemical and sensory properties of ice creams produced from 3% fat-containing ice cream mixtures were determined during 90 days of storage. The ice cream mixtures were homogenized at different pressures (single-stage homogenization at 15 and 50 MP, double-stage homogenization at 15/3 and 50/10 MP) and temperatures (40°C, 50°C and 60°C). The control group of the study was ice cream sample produced from unhomogenized ice cream mixture. Ice cream samples were stored in plastic packaging of 200 g for 90 days at -20°C, and physicochemical and sensory properties of the ice cream samples were investigated on the 1 st, 45 th and 90 th days of the storage.

The effects of homogenization pressure on the viscosity values of the ice cream mixtures and on the hardness, overrun and fat destabilization of ice cream samples were determined as statistically significant ($P<0.001$). The effects of the homogenization temperature on the viscosity of the ice cream mixtures and on the hardness values of the ice cream samples were found to be statistically significant at $P<0.001$ level, while the effects of homogenization temperature on the fat destabilization values of the ice cream samples were determined as statistically significant at $P<0.01$ level. According to the results of the study, the lowest viscosity values were found in the ice cream mixtures prepared by double-stage homogenization treatment at pressure of 50/10 MPa. Besides, the lowest overrun and fat destabilization values were determined in the ice cream samples produced from these ice cream mixtures.

According to results of sensory analyses of ice cream samples, the effects of homogenization pressure and homogenization temperature on the colour and appearance scores and taste and odour scores of the ice cream samples were found to be statistically insignificant ($P>0.05$), while the effects of homogenization pressure on the structure and consistency scores were determined to be statistically significant at $P<0.05$ level. The effects of storage period on colour and appearance scores and structure and consistency scores of ice cream samples were found to be significant at $P<0.01$ level, while the effects of storage period taste and odour scores of ice cream samples were determined statistically insignificant ($P>0.05$).

KEYWORDS: Ice cream, homogenization treatment, pressure of homogenization treatment, temperature of homogenization treatment

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Asst. Prof. Dr. Zafer ALPKENT

Asst. Prof. Dr. Tuğba AKTAR



ÖNSÖZ

Yüksek kalite bilinci ve tüketici beklentilerine karşı her geçen gün hızla talebi artan dondurmanın bazı kalite özelliklerinin geliştirilerek korunmasında etkili şartların belirlenip standardize edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile dondurmanın fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu amaç doğrultusunda; %3 yağ içeren, farklı basınç ve sıcaklık derecelerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından dondurma örneklerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesine yönelik analizler yapılmış olup, dondurma örneklerinin söz konusu özellikleri ile ilgili olarak tespit edilen farklılıklar karşılaştırmalı olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

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

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

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

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	19
3.1. Materyal	19
3.2. Metot	19
3.2.1. Dondurma örneklerinin üretimi	19
3.3. Fizikokimyasal Analiz Yöntemleri	22
3.3.1. Sütte yapılan analizler.....	22
3.3.1.1. Kurumadde tayini:.....	22
3.3.1.2. Yağ tayini:	22
3.3.1.3. Protein tayini:	22
3.3.1.4. pH tayini:.....	22
3.3.1.5. Titrasyon asitliği tayini:	22
3.3.1.6. Kül tayini:	22
3.3.2. Dondurma karışımlarında yapılan analizler.....	22
3.3.2.1. Viskozite tayini	22
3.3.2.2. Titrasyon asitliği tayini	23
3.3.2.3. pH değeri tayini.....	23
3.3.3. Dondurma örneklerinde yapılan analizler.....	23
3.3.3.1. Kurumadde tayini.....	23
3.3.3.2. Yağ tayini	23
3.3.3.3. Protein tayini	24
3.3.3.4. Kül tayini.....	24
3.3.3.5. Toplam şeker tayini.....	24

3.3.3.6. Titrasyon asitliği tayini	24
3.3.3.7. pH tayini.....	24
3.3.3.8. Hacim artışı (over-run) tayini	24
3.3.3.9. Erime miktarı tayini	25
3.3.3.10. Kısmi (ilk damlama) ve tamamen erime süresinin belirlenmesi	25
3.3.3.11. Sertlik tayini.....	25
3.3.3.12. Reolojik özelliklerin belirlenmesi.....	25
3.3.3.13. Yağ destabilizasyonu tayini	26
3.4. Duyusal Analizler.....	26
3.5. İstatistiksel Analiz Yöntemi	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	28
4.1.1. Dondurmaların üretiminde kullanılan sütün bileşimi	28
4.1.2. Dondurma karışımlarının pH ve titrasyon asitliği değerleri	28
4.1.3. Dondurma karışımlarına ait ortalama viskozite değerleri.....	29
4.1.4. Dondurma örneklerine ait kurumadde, kül, yağ, protein ve toplam şeker miktarları ve titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	35
4.1.5. Dondurma örneklerine ait hacim artışı (over-run) değerleri.....	37
4.1.6. Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri	42
4.1.7. Dondurma örneklerine ait erime miktarları	46
4.1.8. Dondurma örneklerine ait ilk damlama ve tamamen erime süreleri.....	53
4.1.9. Dondurma örneklerinin reolojik özellikleri	54
4.1.10. Dondurma örneklerine ait yağ destabilizasyonu değerleri	62
4.2. Duyusal Analiz Sonuçları.....	67
4.2.1. Renk ve görünüş	67
4.2.2. Yapı ve kıvam.....	68
4.2.3. Tat ve koku	70
5. SONUÇLAR	73
6. KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı basınç ve sıcaklık derecelerinde homojenize edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurmaların fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerkere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30/07/2018

Esin ÖZEL



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
m ³	: Metreküp
MPa	: Megapascal
µm	: Mikrometre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
m/s	: Metre bölü saniye
nm	: Nanometre
Pa	: Paskal
R ²	: Regresyon katsayısı
s	: Saniye
°C	: Santigrat derece
cP	: Centi-poise
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
N	: Newton
Pa.s	: Paskal saniye
Pa/s	: Paskal bölü saniye
mPa.s ⁿ	: Mili paskal saniye üzeri akış davranış indeksi

Kısaltmalar

F	: F değeri
HB	: Homojenizasyon basıncı
HS	: Homojenizasyon sıcaklığı
KO	: Kareler ortalaması
SD	: Serbestlik derecesi
TS	: Türk Standartları



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Homojenizasyon işleminin yağ ve kazein fraksiyonları üzerine etkisi	8
Şekil 2.2. İki aşamalı homojenizasyon işleminin şematik diyagramı	9
Şekil 3.1. Dondurma üretimlerinde dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemi.....	19
Şekil 3.2. Dondurma üretimi akış şeması	20
Şekil 4.1. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki (cP) değişim	34
Şekil 4.2. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki (cP) değişim	35
Şekil 4.3. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama hacim artışı değerlerindeki (%) değişim.....	42
Şekil 4.4. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama sertlik değerlerindeki (N) değişim.....	46
Şekil 4.5. Dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama erime miktarlarındaki (g) değişim.....	49
Şekil 4.6. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerindeki (Pa.s) değişim	56
Şekil 4.7. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerindeki (Pa/s) değişim.....	58
Şekil 4.8. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerindeki değişim	60
Şekil 4.9. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerindeki (mPa.s ⁿ) değişim.....	61
Şekil 4.10. Dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerindeki (%) değişim	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Dondurma örnekleri.....	21
Çizelge 3.2. Dondurma örneklerinin duysal niteliklerinin saptanmasında kullanılan puanlama ölçütler (Anonim 1992).	27
Çizelge 4.1. Dondurma üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi	28
Çizelge 4.2. Dondurma karışımlarının ortalama pH ve titrasyon asitliği (%laktik asit) değerleri.....	29
Çizelge 4.3. Dondurma karışımlarının ortalama viskozite değerleri (cP)	30
Çizelge 4.4. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası)	31
Çizelge 4.5. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları (Olgunlaştırma işlemi sonrası)	31
Çizelge 4.6. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası)	32
Çizelge 4.7. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Olgunlaştırma işlemi sonrası).....	32
Çizelge 4.8. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ölçülen viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.9. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ölçülen viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.10. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası ve olgunlaştırma işlemi sonrası)	34
Çizelge 4.11. Dondurma örneklerine ait ortalama kurumadde miktarı (%), kül miktarı (%), yağ miktarı (%), pH değeri, titrasyon asitliği değeri (%laktik asit), protein miktarı (%) ve toplam şeker miktarı (%)	36
Çizelge 4.12. Dondurma örneklerine ait ortalama hacim artışı değerleri (%)	37
Çizelge 4.13. Dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.14. Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	39
Çizelge 4.15. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 4.16. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	41

Çizelge 4.17. Dondurma örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (N)	43
Çizelge 4.18. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama sertlik değerlerine (N) ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.19. Dondurma örneklerinin sertlik değerlerine (N) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	44
Çizelge 4.20. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama sertlik değerlerine (N) ait varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.21. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin sertlik değerlerine (N) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	45
Çizelge 4.22. Dondurma örneklerine ait ortalama erime miktarları (g)	48
Çizelge 4.23. Dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarlarına ait varyans analiz sonuçları	50
Çizelge 4.24. Dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarı değerlerine (g) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.25. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarlarına ait varyans analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.26. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarı değerlerine (g) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	52
Çizelge 4.27. Dondurma örneklerine ait ortalama ilk damlama ve tamamen erime süreleri (dk)	53
Çizelge 4.28. Dondurma örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri	54
Çizelge 4.29. Dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait varyans analiz sonuçları	55
Çizelge 4.30. Dondurma örneklerinin görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	56
Çizelge 4.31. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.32. Dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerine (Pa/s) ait varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.33. Dondurma örneklerinin tiksotropi değerlerine (Pa/s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	57
Çizelge 4.34. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	58

Çizelge 4.35. Dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	59
Çizelge 4.36. Dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	59
Çizelge 4.37. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	60
Çizelge 4.38. Dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerine (mPa.sn) ait varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.39. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerine (mPa.sn) ait varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.40. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin görünür viskozite, tiksotropi, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	62
Çizelge 4.41. Dondurma örneklerine ait ortalama yağ destabilizasyonu değerleri (%)	63
Çizelge 4.42. Dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.43. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	64
Çizelge 4.44. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları	65
Çizelge 4.45. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	66
Çizelge 4.46. Dondurma örneklerine ait ortalama renk ve görünüş puanları (Tam puan=5)	67
Çizelge 4.47. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen renk ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları	68
Çizelge 4.48. Dondurma örneklerine ait ortalama yapı ve kıvam puanları (Tam puan=5)	69
Çizelge 4.49. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen yapı ve kıvam puanlarının varyans analiz sonuçları	70
Çizelge 4.50. Dondurma örneklerine ait ortalama tat ve koku puanları (Tam puan=5)	70
Çizelge 4.51. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen tat ve koku puanlarının varyans analiz sonuçları	71
Çizelge 4.52. Dondurma örneklerine duyu analizi sonucunda verilen puanlara ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	71

1. GİRİŞ

Ekonomik seviyenin artması ve değişen yaşam koşulları tüketicileri, diyetlerinde sağlıklı ve dengeli besinleri seçmeye yöneltmektedir (Seçkin ve Baladura 2011). Gıdaların yeterli ve dengeli miktarda vücuda alınması “Sağlıklı Beslenme” olarak ifade edilmektedir (Açu 2014). İnsan yaşamında büyük bir değere sahip olan süt, yeterli ve dengeli beslenmek için gerekli olan protein, yağ, laktoz, mineral madde ve vitaminleri tam ve yeterli miktarda içeren önemli bir gıda maddesidir (Akkoyunlu 2010). Sütün doğrudan içme sütü olarak tüketilmesi vücutta en iyi değerlendirme şekli olmasına rağmen, çabuk bozulan, büyük hacimli ve nakli zor bir gıda olması gibi nedenlerden dolayı daha dayanıklı ürünlere dönüştürülerek tüketilmesi zorunlu hale gelmiştir (Küçükçetin vd. 2009).

Sütün işlenerek dayanıklı hale getirilmesiyle elde edilen ve sütün yararlı bileşenlerini daha fazla içermesi nedeniyle süte göre besin değeri daha yüksek olan dondurma; içermiş olduğu karbonhidrat, protein ve yağın yanı sıra kalsiyum başta olmak üzere bazı mineral maddeler ve vitaminler (A, D, E, K) bakımından bileşimce zengin, sağlıklı ve besleyici değeri yüksek, sindirilebilirliği kolay ve tüm dünyada her yaş grubu insan tarafından sevilerek tüketilen önemli bir süt ürünüdür (Yeşilsu 2006).

Kısmen donmuş köpük, buz kristalleri, emülsiyon halinde yağ, gerçek ve kolloidal çözeltilerin karışımından ve sıvı fazdan oluşan oldukça karmaşık fizikokimyasal bir sistem olan dondurmada tüketici beğenisini doğrudan ilgilendiren unsurların başında şekil muhafazası, erime oranı, renk ve hacim artışı gibi kalite faktörleri gelmektedir (Tekinşen ve Tekinşen 2008).

Süt teknolojisinin en hızlı gelişen ve kendini sürekli yenileyen, dolayısıyla önemi gün geçtikçe artan konularından biri olan dondurma teknolojisi, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de toplum istekleri, aroma maddelerinin zenginliği ve teknik gelişmelere bağlı olarak hızla büyümekte ve kârlı bir endüstri haline dönüşmektedir (Hatipoğlu 2007). Toplumun her kesiminden ve her yaş grubundan birçok tüketiciye hitap etmesi dondurmaya verilen önemi arttırmaktadır. Tüketicilere, kalori değeri düşük, yapısal özellikleri gelişmiş ve üstün kalitede dondurma sunmak amacıyla pek çok çalışma yapılmaktadır (Atsan ve Çağlar 2008).

Dünya dondurma sektöründeki ilk beş ülke, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Avustralya, Norveç, İsveç ve Danimarka’dır. Türkiye’de geleneksel tatlı çeşitliliğinin fazla olması dondurmanın uzun yıllar bir tatlı çeşidi olarak algılanmasını engellemiştir. Aynı zamanda sadece yazın tüketilen serinletici bir gıda olarak sunulması nedeniyle de ülkemizde dünya ortalamasının altında bir tüketim söz konusu olmuştur. ABD’de kişi başına yıllık ortalama dondurma tüketim miktarı 25 litre, Kuzey Avrupa ülkelerinde 20 litre, Avrupa’da 8-10 litre, Türkiye’de ise 1 litre civarındadır. Ancak son yıllarda tüketiminin tüm mevsimlere yayılmaya başlaması, tüketici bilincinin ve talebin her geçen yıl artması sektörün gelişime açık bir yapı sergilemesine destek olmaktadır (Özel ve Ceylan 2016).

Dondurmanın keşfi ile ilgili kesin bir bilgi olmamakla birlikte, ilk olarak Çinlilerin buzu kırarak meyve suyu ile karıştırıp tükettikleri, daha sonra buradan Araplara ve Perslere yayıldığı ve Marco Polo tarafından da Avrupa’ya taşındığı şeklinde

bilgiler mevcuttur. Dondurma ile ilgili ilk yazılı belgelere ise 1769 yılında İngiltere’de yayımlanan bir dergide rastlanmış olup, dondurmanın endüstriyel üretiminin ilk olarak Jacop Fussel tarafından 1851 yılında Baltior’da gerçekleştirildiği bilinmektedir. Dondurma teknolojisindeki asıl gelişmeler ise 1900’lü yılların başlarında soğutma tekniklerinin ve dondurucularının keşfi ile başlamıştır. Aynı yıllarda dondurma ülkemizde de, İstanbul’da ve Kahramanmaraş’da ilk defa üretilmiştir (Dağlı 2006).

Ekonomik değeri ve sağlıkla ilgili olumlu özellikleri ile önemli bir ürün olan dondurmanın üretiminde standart bir kalite düzeyinin yakalanması ve tüketici açısından kabul edilebilirliğinin artırılması gerekmektedir (Güven vd. 2010). Bu amaçla, dondurmanın yapısını daha iyi stabilize etmek, iyi bir emülsiyon sağlamak, erimeyi yavaşlatmak, iyi bir hacim artışı elde etmek, tekstürel özellikleri geliştirmek ve duyu nitelikleri arttırmak için üretimde yeni proses aşamaları devreye konulabilmekte veya üretim tekniğinde birtakım değişiklikler yapılabilmektedir (Tunçtürk vd. 2010). Dolayısıyla, üstün fiziksel özelliklere sahip ve kaliteli bir dondurma üretimi için dondurma karışımının özelliklerine odaklanılması ve pastörizasyon, homojenizasyon gibi işlem basamaklarının etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir (Biasutti vd. 2013).

Dondurmanın arzulan yapı ve kıvamda olmasında rol oynayan etkenlerden biri olan homojenizasyon; belirli bir basınç ve sıcaklığın etkisiyle süt yağ globüllerinin birbirleriyle birleşmeyecek biçimde parçalanması prensibine dayanan ve ürünün yapı, kıvam, görünüş, aroma ve tat, buz kristal boyutu, hava içeriği ve boyutu, renk gibi pek çok özelliğini etkileyen mekanik bir işlemdir (Tamuçay Özünü ve Koçak 2010). Homojenizasyon belirli bir basınç ve sıcaklığın etkisiyle; süt ürünlerinde yağın yapı içinde dağılmasını ve ağ yapısına dahil olmasını, yapının sıkılaşmasını ve serum ayrılmasının azalmasını sağlamaktadır (Akıncıoğlu 2007).

Homojenizasyon işlemiyle, temel olarak ürüne herhangi bir bileşen ekleyip çıkarmadan, ürünün üniform bileşimde, kıvamda ve üstün lezzette olması sağlanmaktadır. Ayrıca homojenizasyon işlemi uygulanmış süt ve ürünleri, artan yağ globüllerinin daha fazla ışık yansımaya sebep olmasından dolayı daha beyaz görünmektedir. Homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen ürünler daha stabil olmakta ve iyi bir ağız hissi oluşturmaktadır (Anonim 2017).

Dondurma için önemli olan yapı, doku ve erime davranışı bakımından emülsiyonların dengesinin dondurma üretimlerinde uygulanan işlemlerden etkilendiği yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Literatür taramaları sonucunda dondurma karışımına uygulanan homojenizasyon işleminin dondurmanın erime davranışı, sertliği ve içerdiği buz kristallerinin boyutu gibi özellikleri üzerine etkisini araştıran çalışmalar olduğu tespit edilmiştir (Biasutti vd. 2013). Konu ile ilgili yapılan literatür taramalarında, dondurma karışımına uygulanan homojenizasyon işlem basıncının üretilen dondurmanın yapısal özellikleri üzerine etkisini belirlemeye yönelik bazı araştırmalara rastlanmış olup; ancak basınç ve sıcaklık derecelerinin farklı kombinasyonlarında dondurma karışımlarına homojenizasyon işlemi uygulamasının üretilen dondurmanın fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkisinin ortaya konulduğu bir çalışmanın yapılmadığı görülmüştür. Süte uygulanan homojenizasyon işleminin süt yağ globül çaplarını küçülterek yüzey alanında artışa sebep olması ve böylelikle oluşan yüzeye serum proteinlerinin (β -laktoglobulin ve α -laktoalbumin) daha

yoğun miktarda adsorbe olabilmesi için serum proteinlerinin denatüre formda olmasının gerekliliği, homojenizasyon işlemindeki basınç değerinin yanı sıra homojenizasyon işleminin gerçekleştirildiği sıcaklık değerinin de önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Michalski vd. 2006; Considine vd. 2007). Tüm bu bilgiler ışığında değerlendirme yapılarak planlanan bu çalışmada; farklı basınç ve sıcaklık derecelerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından dondurmalar üretilmiş, uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç ve sıcaklık derecelerindeki farklılıkların dondurmaların fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

İnsanların hastalıklara karşı dirençli olmaları, hem sosyal hem de psikolojik yönden kendilerini geliştirmeleri ve yaşam sürelerini uzatabilmeleri için günlük diyetlerinde yeterli ve dengeli beslenmeleri gerekmektedir. Bu da ancak insan vücudunun ihtiyaç duyduğu besin öğelerinin tamamının karşılanması ile mümkündür. Birçok gıda, canlıların ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin yalnızca bir bölümünü karşılayabilmektedir (Yeşilsu 2006). Buna karşın süt; hemen hemen bütün besin elementlerini, dahası yaşamsal fonksiyonlar için gerekli olan tam değerli proteinleri, lipitleri, şekerleri, vitaminleri, mineral maddeleri, enzimleri, antikorları ve daha birçok yararlı bileşeni yeterli ve dengeli bir biçimde yapısında bulunduran tek gıdadır (Üçüncü 2010). Ancak mikroorganizmaların da gelişmesine çok uygun olan süt, gerekli önlemler alınmadığı durumlarda niteliğini uzun süre koruyamamaktadır. Dolayısıyla sütün uygun yöntemlerle güvenli hale getirilmesi ve farklı özellikte dayanıklı ürünlere işlenerek tüketicilere sunulması gerekmektedir (Üçüncü 2010).

Dayanıklı süt ürünleri içerisinde önemli bir yere sahip olan ve gün geçtikçe önemi artan dondurma; süt tozu ve krema gibi süt ürünlerinden, su, şeker, çeşitli özütler, kıvam arttırıcı doğal katkı maddelerinden ve istenilen ürün çeşidine göre farklı meyve püreleri, meyve konsantreleri, çikolata ve çerez parçacıkları gibi çeşni maddelerinden oluşan bir gıdadır (Üçüncü 2010). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği'ne göre ise dondurma; içerisinde tat ve çeşidine göre süt ve/veya süt ürünleri, içme suyu, şeker ve izin verilen katkı maddelerini bulunduran, istenildiğinde salep, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, aroma maddeleri ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren henüz dondurulmamış haldeki karışımın pastörizasyon sonrası tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen, yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan ürün olarak ifade edilmektedir (Anonim 2004). Sütün yararlı bileşenlerini daha fazla içermesi nedeniyle süte göre besleyici değeri daha yüksek olan dondurma; dağınık hava hücreleri, buz kristalleri, protein hidrokolloid yapılar, kısmen donmuş köpük, çözünmüş şeker ve tuzlardan ve yağ küreciklerinden oluşan kompleks bir matrikstir (Daw ve Hartel 2015).

İyi kalitede üretilmiş bir dondurma homojen renkte, sıkı, pürüzsüz ve kadifemsi yapıda, ağza alındığında aşırı soğukluk hissi yaratmayan nitelikte olmalıdır. Ayrıca, dondurma küçük buz kristalleri ve küçük hava hücreleri içermeli ve ağza alındığında dondurma bileşenlerinden birinin tadı diğerlerinden daha baskın olmamalı, dolayısıyla formülasyon iyi oluşturulmalıdır (Kır 2007). İyi oluşturulmuş bir formülasyon, optimum maliyette ve lezzet, yapı, kıvam ve donma özellikleri bakımından uygun dondurma üretilmesine imkan vermektedir (Koyun 2009).

Dondurmanın arzulanan yapı ve kıvamda olmasında önemli rolü olan unsurlardan biri sütün yağsız kurumaddesidir. Dondurmadaki yağsız süt kurumaddesi; protein, laktoz ve mineral maddelerden oluşmakta ve dondurmaya süt tozu ve konsantre edilmiş süt şeklinde ilave edilmektedir (Demirci ve Şimşek 1997). Süt tozu; dondurma karışımının yağsız kurumaddesini arttırmakta, dondurma işlemi sırasında hava dağılımını pozitif yönde etkileyerek yapıyı ve lezzeti iyileştirmektedir (Üçüncü 1992). Dondurma üretiminde kullanılan ve üretim aşamalarında oluşan yapının korunmasını ve sürekliliğini sağlayan diğer bir unsur olan stabilizatörler, guar gam, ksantan gam, keçiyoynuzu gamı ve karboksi metil selüloz gibi polimer yapıya sahip

polisakkaritlerdir. Söz konusu polisakkaritler, yapılarında yer alan hidroksil grupları ve diğer hidrofilik gruplar ile su molekülleri arasında meydana gelen hidrojen bağları aracılığı ile suyun tutulmasını sağlamakta ve moleküller arası boşlukları doldurarak, daha yüksek viskozite ve erime direncine sahip dondurma elde edilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca polisakkaritler depolama sırasında oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin olumsuz etkilerini en düşük seviyede tutarak yapının gelişimini sağlamaktadır (Hatipoğlu 2007).

Dondurmanın yapısına katılan emülgatörler, iki fazın arasında yüzey gerilimini azaltarak fazların birbiri içerisinde homojen bir şekilde dağılımını sağlayan ve emülsiyonların stabilitesini destekleyen yüzey aktif maddelerdir. Bir başka fonksiyonları da yağ kristalizasyonunu modifiye etmek olan emülgatörlerin dondurma üretiminde asıl önemli fonksiyonları yağ destabilizasyonunu sağlamaktır. Emülsiyonların kararlılığını, destabilize olarak hava hücrelerinin etrafını saran yağ miktarı belirlemektedir. Dolayısıyla uygun bir yağ destabilizasyonu düzeyi emülgatörler ile desteklenmektedir. Birçok yapısal değişim içeren destabilizasyon, oldukça karmaşık bir olaydır. Bu işlem ile yağ globüllerinin kristalizasyonu gerçekleşmekte ve yağ globülleri yüzeyinde kısmi protein ayrışmaları meydana gelmektedir. Bu değişimler sonucu yağ globülleri yüzeyindeki protein ve emülgatörlerden oluşan film tabakası, yağ globüllerinin bir araya gelerek dizilmesini yani destabilize olmalarını sağlamaktadır (Koçan ve Koçak 2002). Dondurma üretiminde, dondurma karışımlarına uygulanan olgunlaştırma işleminden sonra emülsifiye edici maddeler, yağ globüllerinin değişen ara yüzey özellikleri üzerine proteinlere göre daha fazla etki etmektedir (Daw ve Hartel 2015).

Dondurma karışımlarının dondurmaya işlenmesi esnasında, kesme kuvvetinin neden olduğu ve yağ globüllerinin çarpışması sonucu ortaya çıkan yağ dengesizliği, yağların çok boyutlu kümeleşmesi ile dondurmada istenen yapı ve erime direncinin yanı sıra hava hücrelerinin ve buz kristallerinin stabilizasyonunu sağlamaktadır. Ancak son ürün özelliğine göre yağ dengesizliğinin optimize edilmesi gerekmektedir. Aksi halde, yetersiz destabilizasyon zayıf şekil tutulmasına ve hızlı erimeye neden olurken, çok fazla destabilizasyon ise dondurmada görünmez yağ granüllerinin oluşumuna yol açmaktadır. Dondurma karışımının bileşimi dışında homojenizasyon, dondurma ve olgunlaştırma işlem basamakları yağ destabilizasyonunu etkilemektedir. Yağ yapısı oluşumu süreci, homojenizatörde başlamakta olup, homojenizatörler uygun büyüklükte yağ globüllerinin oluşmasından sorumludur. Yağ oranı yüksek olan karışımlarda homojenizasyon işleminde uygulanan basınç düşük, yağ oranı düşük karışımlarda ise yüksek olmalıdır. Böylece optimal yağ dengesizliği için boyut dağılımı kontrol edilmiş olmaktadır. Yağ globüllerinin yüzeyleri, hava kabarcığı yüzeyleri ve serum arasındaki ara yüzey özellikleri dondurma karışımını dondurmaya dönüştürmek için büyük öneme sahiptir. Dondurma karışımındaki ara yüzey gerilimi, yağ ara yüzünde adsorbe edilen malzemenin türü ve miktarı ile büyük ölçüde belirlenen, yağ ve serum arasındaki ara yüzeyde etkili olan kuvvete karşılık gelmektedir. Yüzey gerilimi ise hava ara yüzeyinde adsorbe edilen malzemenin türü ve miktarıyla da belirlenen, serum ve hava arasındaki ara yüzeyde hareket eden kuvveti ifade etmektedir. Her iki parametre de dondurma karışımı için önemlidir. Ara yüzey gerilimi, yağ fazının kısmi kaynaşması ve dondurma üretimi sırasında karışımın havalandırılması için etkili olan yüzey gerilimi açısından önemlidir. Her iki durumda da, ara yüzeye çeşitli moleküllerin adsorpsiyonu,

dondurmadaki stabilite ve fiziksel özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Goff ve Hartel 2013).

Dondurmada kısmi kaynaşmanın meydana gelmesi için, homojenizasyon işleminden sonra adsorbe edilen protein tabakasının değiştirilmesi gerekmektedir. Genellikle dondurmada %4 civarında bulunan proteinler, başlangıçta yağ globülü ara yüzeyinde yoğun bir adsorbe edilmiş tabaka oluşturarak homojenizasyon işleminden sonra lipit emülsiyonunu stabilize etmektedir. Bu durum yağ globüllerinin sterik itme ile birleşmesini önlemektedir (Daw ve Hartel 2015). Aynı zamanda hava ara yüzeyinde adsorbe edilen proteinler, havalandırmanın ve köpük stabilitesinin artmasına neden olmaktadır. Ara yüzeylerde bulunmayan proteinler ise dondurmanın kıvamını ve dokusal kalitesini arttırmaya katkıda bulunmaktadır (Rossa vd. 2012).

Dondurmanın diğer bir bileşeni olan yağlar dondurma kalitesini etkileyen önemli unsurlardan biridir. Yağın; aroma, yapı, kıvam ve dayanıklılık gibi dondurmanın birçok niteliği üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Dondurma yapımında geniş ölçüde yararlanılan yağların kaynağı; süt, krema, kaymak, tereyağı, sadeyağ ve yağlı süt tozudur. Aynı zamanda kurumadde kaynağı olarak da kullanılan süt yağı, dondurmaya iyi bir yapı, ağız hissi ve hoş bir aroma kazandırmaktadır. Süt yağının emülsiyonu stabilize eden membranlarında homojenizasyon ve olgunlaştırma gibi işlemlerin ardından ve dondurma karışımının bileşenleriyle etkileşimi sonucu bir takım yapısal değişiklikler meydana gelmektedir. Üretimde hatalı yapılan homojenizasyon işlemi sonucu süt yağı ayrılabilen ve böylelikle lipolizden dolayı ransit tat oluşabilmektedir (Kır 2007).

Genel olarak duyuusal nitelikleri bozmadan, yağ içeriği %3'ten daha düşük, tüketicinin istediği kalite özelliklerine sahip dondurma üretimine ihtiyaç duyulmaktadır (Aime vd. 2001). Yağ oranı düşük (<%10) dondurmada yağsız süt kurumaddesi, stabilizatör ve emülgatör miktarı artırılmalı ve homojenizasyon basıncı daha yüksek tutulmalıdır. Yüksek basınçta homojenizasyon işlemi yağ globülü sayısını arttırmakta ve böylece hava hücrelerinin çevresi daha fazla yağ globülü ile kaplanmaktadır (Kır 2007).

Dondurma üretiminde standart bir kalite düzeyinin yakalanması ve tüketici beğenisinin kazanılabilmesi için şekil muhafazası, erime oranı ve hacim artışı gibi kalite özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Tekinşen ve Tekinşen 2008). Söz konusu özellikler ise, dondurma üretiminde kullanılan maddeler, üretim süreci, uygulanan homojenizasyon işlemine ve ısı işleme ait parametreler gibi faktörlerden etkilenmektedir (Biasutti vd. 2013).

Homojenizasyon, yağ globüllerinin ürün içerisinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlayan ve ürünlerin kalitesini doğrudan etkileyen önemli bir işlemdir. Mekanik bir kuvvet etkisiyle yağ globüllerinin birbirleriyle birleşmeyecek biçimde parçalanması ilkesine dayanan homojenizasyon işlemi, ürünün pek çok özelliğini (aroma-tat, tekstür, görünüş, buz kristalleri, yapı gibi) etkilemektedir (Tamuçay Özünlü ve Koçak 2010). Bu özelliklerden biri olan buz kristalleri dondurmanın bünyesindeki önemli yapılardan olup, dondurma karışımının dondurulması süresince şekillenmektedir. Hava kabarcıkları genellikle yağ globülleriyle birlikte, yağ globülleri ise protein/emülgatör katmanındaki tabakada bir bütün halinde bulunmaktadır.

Dondurmadaki emülsiyon; hava kabarcıklarının yayılmasıyla sonradan köpürmekte, buz kristallerinin yayılması ile de donmuş hale gelmektedir. Üretimindeki pastörizasyon, homojenizasyon, olgunlaştırma, dondurma ve sertleştirme gibi işlemler dondurma yapısının oluşmasını sağlamakta ve depolama süresince yapıdaki ortalama kristal hacmi artmaktadır (Goff 1997).

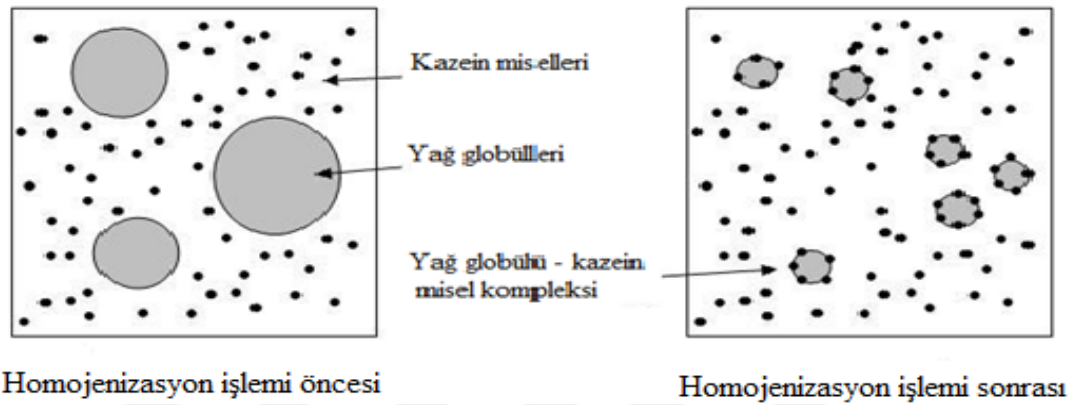
1910 yılında homojenizasyon işleminin süt endüstrisine girmesinden sonra, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin, bu karışımlardan elde edilen dondurmaların kalitesi üzerine etkisini inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar dondurmada doku, küçük tanecik, soğukluk hissi ve iyi erime özelliği gibi kalite özelliklerinin dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemiyle geliştirilebileceğini göstermiştir. Yapılan birçok çalışmada dondurma karışımlarına uygulanan 13.80/3.45 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işleminin yüksek kaliteli bir dondurma için iyi sonuçlar vermesi, daha sonra yapılan çalışmalara ışık tutmuştur (Schmidt ve Smith 1988).

Homojenizasyon işleminin mekanizmasında, homojenizatörde belirli bir sıcaklık ve basınç etkisiyle sağlanan yüksek kesme gücü ve kavitasyonun, çapları 0.2-15.0 µm arasında değişen yağ globüllerinin etrafını saran süt yağı globül membranını hasara uğratarak yağ globüllerini parçalaması ilkesi yatmaktadır. Yağ globül membranı, 5-10 µm kalınlığında fosfolipid-protein kompleksinden oluşan ve yağ globüllerinin etrafını saran bir tabakadır. Süt yağı ve süt proteinleri arasında oluşan tüm etkileşimler bu tabaka aracılığı ile meydana gelmektedir (Yalçın 2016). Homojenizasyon işlemi sonrası, yeni oluşan yağ globülleri üzerine bir miktar yağ globül membranı yerleşmektedir; ancak homojenizasyon işlemiyle yaklaşık 6 kat artan yüzey alanı için bu membran yeterli gelmemektedir. Oluşabilecek bir membran bozulmasında, yağ-plazma arası gerilim artarak 15 mN/m'ye ulaşmakta ve plazmadaki amfifilik maddeler yağ globülüne yapışarak bu gerilimi azaltmaktadır. Amfifilik maddeler genellikle proteinlerinden oluşmakta ve 10-100 m/s arasında değişen hızlarda yağ globüllerine ulaşarak etki göstermektedir. İyi bir homojenizasyon işlemi sonucunda yağ globülleri tamamen membran materyali ile kaplanmaktadır (Akıncioğlu 2007).

Homojenizasyon işleminin temel amacı, ürün içindeki yağ globüllerinin boyutunu 2 µm'nin altına düşürmektir (Biasutti vd. 2013). Homojenizasyon işlemi sırasında uygulanan basınç değeri ve işlem sıcaklığının etkisiyle parçalanmış yağ globüllerinin dış yüzeyinde, k-kazein başta olmak üzere kazeinler ve serum proteinlerinden oluşan yeni ve daha kalın bir katman meydana gelmekte ve yağ globüllerinin yapı ve özellikleri değişmektedir (Şekil 2.1). Bu yeniden düzenleme ile emülsiyon haldeki maddenin toplam hacmi artmakta, elde edilen üründe kaymak tabakası oluşumu ortadan kalkmakta, serum ayrılması azalmakta, viskozite ve su tutma kapasitesi iyileşmekte, dolayısıyla son üründe kalite özellikleri gelişmektedir (Tamuçay Özünlü ve Koçak 2010). Üründe meydana gelen bu pozitif değişimler, homojenizasyon işleminin sadece yağ globüllerini etkilemesinden değil, aynı zamanda sütün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini de değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Araştırmacılar, uygulanan basınç ve sıcaklığın etkisiyle yağ globülleri ile kazein misellerinin küçük parçalara ayrılarak dispersiyon özelliklerinin iyileşmesi, yağ globül-kazein kompleksinin oluşması, kazein misellerinin lipofilik özelliğe sahip olan alt misellerinin parçalanması ve yağ globül membranından fosfolipitlerin yağsız süt fazına transfer

olması sonucunda kıvam ve viskozitenin iyileştiğini ve serum ayrılmasının azaldığını bildirmişlerdir (Tamuçay Özünü ve Koçak 2010).

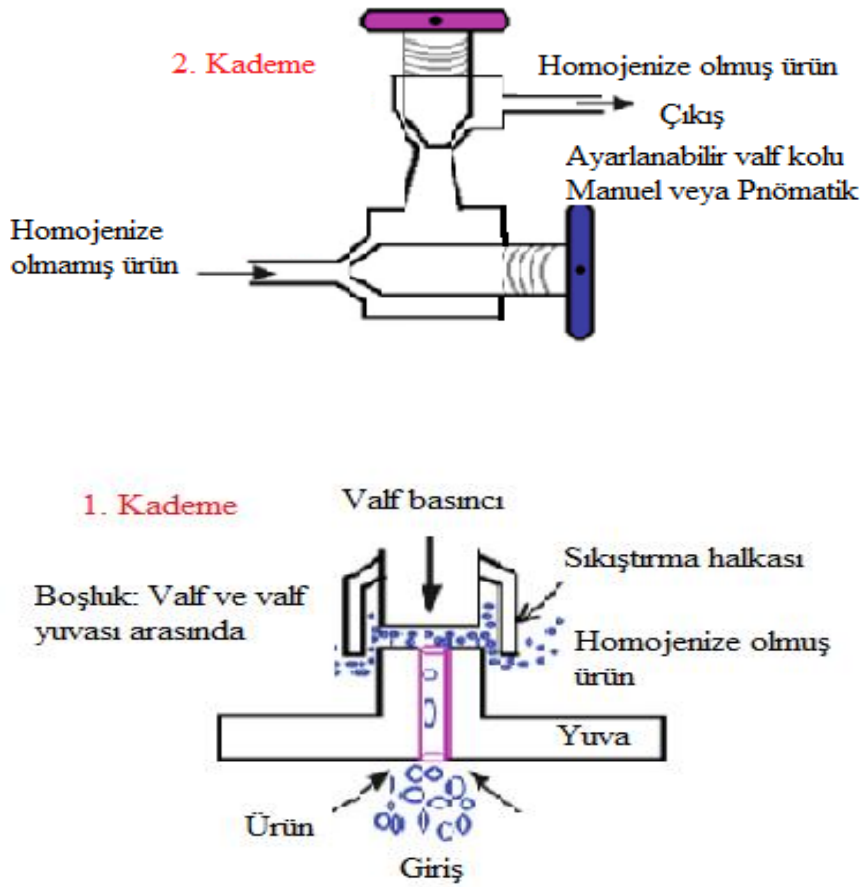
Homojenizasyon işlemi sonrası meydana gelen ikincil membran, temel olarak kazein miselleri ve serum proteinlerinden oluşmaktadır (Akıncıoğlu 2007). Bu tabaka yağ ve süt serumu arasında köprü oluşturarak yağ globüllerinin birleşmesini engellemektedir (Yalçın 2016). Oluşan bu yeni membran, birincil membrana göre bileşim, yapı ve işlevsellik açısından da farklılık göstermektedir. Ayrıca ilk membrandan daha farklı özellik gösteren fosfolipid ve lipoprotein kompleksleri de ikincil membranda bulunmaktadır (Akıncıoğlu 2007).



Şekil 2.1. Homojenizasyon işleminin yağ ve kazein fraksiyonları üzerine etkisi (Anonim 2017).

Yerçekimi ayırımına karşı yağ emülsiyonunun stabilize edilmesi için yaygın olarak uygulanan standart bir endüstriyel işlem olan homojenizasyonla, temel olarak ürüne herhangi bir bileşen ekleyip çıkarmadan ürünün üniform bileşimde, kıvamda ve üstün lezzette olması sağlanmaktadır (Anonim 2017). Homojenizasyon işlemi için kullanılan homojenizatörlerde basınç elektrik motoruyla sağlanmaktadır. Elektrik motorunun dönüş hareketi krank mili aracılığıyla, art arda devreye girecek şekilde pistonlara iletilmektedir. Dondurma üretiminde homojenizasyon işlemi değerlendirildiğinde; dondurma karışımı, her bir pistonlama bölümünden yüksek basınçlı manifolddan homojenizasyon supapına aktarılmaktadır. Dondurma karışımı supap yüzeyi boyunca çok dar aralıktan hızla (yaklaşık 120 m/s) geçerken yağ globülleri bölünmekte ve zerrecikler halinde çevreye yayılmaktadır. Homojenizasyon basıncı, supap yüzeyi ile yuvası arasındaki aralıktaki sıvıya karşı oluşturulan bir basınç (hidrolik basınç vb) ile ayarlanarak sabitleştirilmektedir. Homojenizatörler tek veya çift kademeli olabilmektedir. Tek kademeli olanlarda bir supap, çift kademelilerde ise seri bağlanmış iki supap bulunmaktadır. Genel olarak; tek kademeli homojenizasyon, viskozitesinin yüksek olması istenen ürünlerde (örneğin yağ oranı az olan süt), çift kademeli homojenizasyon ise viskozitesinin düşük olması istenenler ile kurumaddesi ya da yağ oranı yüksek olan ürünlerde (örneğin krema, dondurma karışımı) tercih edilmektedir (Tekinşen ve Tekinşen 2008). Dondurma üretiminde çift kademeli homojenizasyon basıncının uygulandığı çalışmalarda, ikinci kademe basıncının birinci kademeye oranının 0.2 olması durumunda ürün kalitesi açısından en iyi sonuçların alındığı ortaya konulmuştur (Anonim 2017).

Homojenizasyon işlemi genel olarak 65-70°C’de tek ya da çift kademeli olarak uygulanmaktadır (Şekil 2.2). Dondurmaya işlenecek dondurma karışımına uygulanan homojenizasyon işleminin yüksek sıcaklıkta yapılması (>55°C), düşük sıcaklıkta (49-55°C) yapılmasının aksine, dondurma karışımının viskozitesinin azalmasına ve donma süresinin kısalmasına neden olurken, üretilen dondurmada hacim artışının kısa süreli olmasına yol açmaktadır (Kır 2007). 40°C’nin altındaki sıcaklık değerlerinde yapılan homojenizasyon işleminde, yağın bir miktarının kristal duruma geçmesiyle homojenizasyon işleminin etkinliği azalmaktadır. 70°C’nin üstündeki sıcaklık değerlerinde yapılan homojenizasyon işleminde ise viskozitede azalma gerçekleşmekte ve bununla birlikte homojenizasyon verimliliğinde bir değişiklik olmamaktadır (Akıncıoğlu 2007). Ayrıca homojenizasyon işleminin düşük sıcaklıklarda uygulanması, yağ globüllerinin partikül boyutunu ve agregasyonunu azaltmasının yanı sıra, stabilizatör ve emülsüfiye edici maddenin eksikliğinde yapı için geliştirici unsur olabilmektedir. Ancak süt yağlarının oksidasyonunu arttırarak proteinlerin stabilitesini azaltabilmektedir (Sun-Waterhouse vd. 2013). Dondurmaya işlenecek dondurma karışımına uygulanan homojenizasyon basıncının yetersiz olması, dondurmada yayıklama adı verilen yağın ayrışmasına, fazla olması ise yine dondurmada yağın kümeleşmesine ve kuruluğa neden olmaktadır (Tekinşen ve Tekinşen 2008). Yapılan bazı çalışmalarda homojenizasyon basıncının viskoziteyi etkilediği; fakat erime direncini etkilemediği bildirilmiştir (Sun-Waterhouse vd. 2013).



Şekil 2.2. İki aşamalı homojenizasyon işleminin şematik diyagramı (Goff ve Hartel 2013).

Normal bir homojenizasyon işlemiyle yağ globüllerinin çapı 10 kat azalmakta ve toplam yüzey alanları da 100 kat artmaktadır. Yağ globül çaplarındaki aşırı küçülme, kazein ve serum proteinlerinin yağ globüllerinin membranına absorbe olması ve viskozitenin artması sonucu dondurma daha beyaz görünmekte, viskozite ise uygulanan basınca bağlı olarak ortalama %10 oranında artmaktadır (Tekinşen ve Tekinşen 2008).

Dondurma üretiminde homojenizasyon işleminden sonra yapılan pastörizasyon işlemi, dondurmaya oluşturan bileşenlerin daha iyi karışmasını sağlamak, zararlı mikroorganizmaları yok etmek, süt proteinlerinin su bağlama gücünü arttırmak ve ürünün istenilen lezzet ve stabil yapıda olmasını sağlamak için yapılmaktadır. Pastörizasyon sonrası dondurma karışımı hızla soğutulurken en az 3-4 saat tercihen 24 saat 0-4°C'de olgunlaştırma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlem, suyun protein ve stabilizatör tarafından adsorbe edilmesini, yağın sertleşmesini, karışımın köpürme niteliğinin artmasını, dolayısıyla dondurmanın daha nitelikli hale gelmesini sağlamaktadır. Olgunlaşan dondurma karışımı hızlı bir şekilde sürekli dondurucudan geçirilerek soğutulmakta ve burada karşılaştığı hava ile karışarak hacmi artmaktadır ki bu da "overrun" olarak adlandırılmaktadır (Kır 2007). Dondurma karışımına giren havanın hızla dağılması ve stabil kalması köpük oluşumu ile sağlanmaktadır ve bu sırada yağ globülleri de dondurma üç boyutlu yapının oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Hatipoğlu 2007). Dondurmanın dondurulma ve çırpılma eylemi ve buz kristalleri oluşumu sırasında, dondurma karışımı içindeki yağ emülsiyonu destabilize olmaktadır. Destabilize olmuş yağ yapıştırıcı bir madde gibi, hava habbecikleri etrafında proteinlerin tutunmasını sağlamaktadır. Ayrıca süt proteinleri ve kısmi olarak birleşmiş yağ kombinasyonu dondurmaya dayanıklı bir yapı kazandırmaktadır. Daha sonra dondurucudan (-1, -9°C'de) çıkan dondurma hızla paketlenerek -35°C'de ya da daha düşük sıcaklık derecelerinde sertleştirme işlemine tabi tutulmaktadır (Kır 2007).

Dondurmadaki yağ yapısı; dondurma bileşimi, üretim prosesleri ve dondurma makinesi özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Dolayısıyla yağ yapısını etkileyen önemli faktörlerden biri, dondurma karışımına uygulanan ve yağ globüllerinin büyüklüğünü azaltarak homojen bir yağ emülsiyonu oluşturan homojenizasyon işlemidir (Tosaki vd. 2009).

Willims ve Leighton (1932), farklı basınç ve sıcaklık değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlardan elde edilen dondurmaların hacim artışı değerlerini inceledikleri bir çalışmada, her biri %20, %25 ve %30 oranında yağ içeren dondurma karışımları 62.7°C'de 30 dakika pastörize edilmiş ve her bir karışım 5 kısma ayrılmıştır. Araştırmacılar birinci kısma homojenizasyon işlemi uygulamamışlardır. İkinci kısım pastörizasyon sıcaklığı olan 62.7°C'de 6.89 MPa basınçta, üçüncü kısım 62.7°C'de 20.68 MPa basınçta, dördüncü kısım pastörizasyon sonrası 53.3°C'ye soğutulduktan sonra 20.68 MPa basınçta ve beşinci kısım pastörizasyon sonrası 43.3°C'ye soğutulduktan sonra 20.68 MPa basınçta homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra bu dondurma karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri, homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından elde edilen dondurma örneğiyle karşılaştırılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin basınç değerindeki değişimin, üretilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerini etkilemediği belirlenmiştir. Dondurma örneklerindeki hacim artışı değerleri üzerine homojenizasyon işleminin uygulandığı sıcaklık değerinin etkisinin önemli

olduğu tespit edilmiştir. %20 ve %30 yağ içeriğine sahip dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri homojenizasyon işleminin uygulandığı sıcaklık değeri azaldıkça artmış ve 53.3°C'de 20.68 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan %25 yağ içerikli dondurma karışımından üretilen dondurma örneği hariç %25 yağ içerikli dondurma karışımlarından üretilen diğer dondurma örneklerinin de %20 ve %30 yağ içeriğine sahip dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine benzer davranışlar gösterdikleri tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca dondurma karışımının yağ miktarındaki artışın, dondurma örneklerinde hacim artışı değerlerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir.

Schmidt ve Smith (1988), dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değerlerindeki farklılığın, bu karışımlardan elde edilen dondurmaların duyuşal özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmada; emülgatör içermeyen %10.2 yağ oranına sahip dondurma karışımlarına 27.60, 13.80, 6.90 ve 3.45 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak; 27.60/3.45, 13.80/3.45, 6.90/3.45 ve 3.45/3.45 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulamışlar ve homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarını dondurmaya işlemişlerdir. Çalışmada ayrıca emülgatör içeren 13.80/3.45 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından ve emülgatör içermeyen ve homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından dondurma örnekleri üretilmiştir. Üretilen dondurmalar; çiğnenebilirlik, yağlılık hissi, vanilya yoğunluğu ve buzculuk hissi gibi duyuşal nitelikler ile erime ve şekil özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; ürün bileşimi ve hacim artışı gibi unsurlardan etkilenen çiğnenebilirlik özelliğinin, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin farklı basınç değerlerinde yapılmasından etkilenmediği ve örneklerin birbirine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Yağlılık hissi açısından örnekler arasında farklılık saptanmamış olup, bunun da dondurma karışımlarının yağ oranlarının homojenizasyon işlem basıncından etkilenecek kadar yüksek olmadığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından, 13.80/3.45 ve 3.45/3.45 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından ve 27.60, 6.90, ve 3.45 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerindeki vanilya aromasının, emülgatör içeren 13.80/3.45 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğine göre daha fazla algılandığı, dolayısıyla düşük yağlı dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncının, üretilen dondurma örneğinde hissedilen vanilya aromasını etkilemediği tespit edilmiştir. Üretiminde emülgatör kullanılan dondurmada emülgatörün yağ globüllerini çevreleyerek dondurmada vanilya aromasını bastırdığı belirtilmiştir. Ayrıca şekil kaybı açısından değerlendirilen örnekler arasında 13.80 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin en yüksek değeri aldığı ve şekil kaybı bakımından en düşük değere sahip emülgatör içeren 13.80/3.45 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinde, kullanılan emülgatörün dondurmada daha fazla yağ kümeleşmesi ve daha geç erimeyle birlikte iyi bir şekil muhafazası sağladığı değerlendirilmiştir.

Schmidt ve Smith (1989) yaptıkları bir çalışmada, farklı normlarda uygulanan homojenizasyon işlemlerinin %10.0 süt yağlı vanilyalı dondurmanın fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada; %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %10.2 yağ, %13.0 şeker, %4.0 mısır şurubu, %0.25 stabilizatör içeren dondurma karışımları tek kademeli olarak 3.43, 6.86, 13.82 ve 27.55 MPa basınç değerlerinde ve çift kademeli olarak 3.43/3.43, 6.86/3.43, 13.82/3.43 ve 27.55/3.43 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve dondurmaya işlenmiştir. Ayrıca, homojenizasyon işleminde uygulanan basıncın etkisini görmek amacıyla aynı bileşimde hazırlanan dondurma karışımı basınç uygulanmadan homojenizatörden geçirilmiştir. Çalışmanın kontrol grubunu ise, %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %10.2 yağ, %13.0 şeker, %4.0 mısır şurubu, %0.25 stabilizatör ve %0.075 emülgatör içeren ve 13.82/3.43 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenize edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri oluşturmuştur. Çalışma sonucunda; sertlik değerleri açısından dondurma örnekleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla yağ dağılımı dengesinin dondurma örneklerinin sertlik değerlerini etkilemediği değerlendirilmiştir. Çift kademeli olarak 27.55/3.43 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen örnek ile tek kademeli olarak 27.55 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımından üretilen örnek, diğer tüm örnekler göre daha az yağ dengesizliği göstermiş ve bu örneklerin parlaklık değerlerinin diğer örnekler göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Söz konusu durumun uygulanan homojenizasyon işlemdeki yüksek basıncın, daha küçük ve daha dağınık yağ globüllerinin oluşmasına neden olduğu ve sonuç olarak yağ globüllerindeki daha iyi dağılımın daha az yağ dengesizliği ve daha fazla ışık yansımaları ile parlaklık özelliklerini iyileştirmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yapılan viskozite ölçümleri sonucunda, çift kademeli olarak 27.55/3.43 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımının diğer tüm karışımlara göre daha düşük viskozite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yağ globüllerinin dağılımının dondurma karışımında viskoziteyi etkilediği ve küçük yağ globüllerinin akmaya karşı dirençlerinin daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; emülgatör içermeyen dondurma karışımından dondurma üretiminde, dondurma karışımlarına uygun basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanabileceği değerlendirilmiştir.

Goff ve Jordan (1989), dondurma üretimi sırasında emülgatörlerin yağ destabilizasyonu üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada; diğer bileşenleri aynı olan, %10 süt yağı ve %0.08 oranında farklı emülgatörleri [gliserol monostearat (GMS), gliserol monooleat (GMO), sorbitan monostearat (Span 60), sorbitan monooleat (Span 80), polioksietilen sorbitan monostearat (Tween 60) ve polioksietilen sorbitan (Tween 80)] içeren 6 farklı dondurma karışımı hazırlamışlardır. Hazırlanan dondurma karışımları, 72°C'de 30 dakika ısıtılma işlemi uygulandıktan sonra aynı sıcaklıkta çift kademeli olarak 17.2 /3.4 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve 4°C'de 24 saat olgunlaştırdıktan sonra dondurmaya işlenmiştir. Çalışmada, dondurucudan her 2.5 dakikada bir örnek alınarak dondurma süresince buz kristalleşmesinin yağ destabilizasyonuna olan etkisi incelenmiştir. 0°C'den -4°C'ye kadar sürekli dondurucuda oluşan mekanik etkiyle yağ destabilizasyon derecesinin %10'dan %60'a yükseldiği ve bu süreçte en iyi destabilizasyon derecesine emülgatör olarak Tween 80 içeren dondurma karışımının sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca

çalışmada homojenizasyon işleminin yağ destabilizasyonu üzerine etkisini belirleyebilmek için hazırlanan karışım iki kısma ayrılmış ve ilk kısma homojenizasyon işleminden önce, diğer kısma homojenizasyon işleminden hemen sonra emülgatör olarak Tween 80 ilave edilmiştir. Söz konusu örneklerin yağ destabilizasyonu ile ilgili sonuçları, emülgatör içermeyen dondurma karışımına ait sonuçlar ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar homojenizasyon işlemi öncesi emülgatör ilavesinin homojenizasyon işleminin etkisi ile birlikte yağ destabilizasyon derecesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Sürekli dondurma işlemi esnasında yağ destabilizasyonu ile eş zamanlı meydana gelen buz kristallerinin, aşırı yağ parçalanmasını engellediği ve yağın stabil bir yapıda olmasına katkı sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca, stabil bir yağ yapısı için dondurucunun dinamik koşullarının yanında dondurma karışımlarına katılan emülgatör çeşidi ve homojenizasyon işleminin önemli olduğu değerlendirilmiş ve bu sayede iyi bir erime direncine sahip daha güçlü yapıda ürünler elde edilebileceği bildirilmiştir.

Russel vd. (1999) dondurma işlemi koşullarının, dondurmadaki buz kristalleri üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada; dondurucu içinde buz kristallerinin, agregasyon ve çözünme/büyüme gibi değişikliklerden dolayı yeniden kristalleşmelerinin önüne geçmek için ürünün dondurucuda kalma süresinin kısaltılması gerektiğini belirtmişlerdir. Schmidt ve Smith (1988) tarafından ürünün sürekli dondurucuda kalış süresinin optimum yağ dengesizliğini olumlu yönde etkilemesi için dondurma karışımlarına emülgatör ilave edilmesinin ya da dondurma karışımının homojenize edilmesinin istenilen yağ dengesizliğini sağlamaya katkıda bulunacağı belirtilmiştir.

Koxholt vd. (2001), dondurmanın erime oranı üzerine yağ globüllerinin etkisini inceledikleri bir çalışmada, %10 süt yağı, %11 yağsız süt kurumaddesi, %10 sakaroz, %5 glikoz şurubu, %0.3 emülgatör, %0.1 guar gam ve %1 keçi boynuzu gamı içeren karışıma demineralize su ilave ederek karıştırmışlardır. Hazırlanan karışımlar 70°C'de çift kademeli olarak 5/1, 10/2, 17/4, 20.5/5 ve 30/6 MPa basınç değerlerinde ve tek kademeli olarak 5, 10, 17, 20.5 ve 30 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Homojenizasyon işlemi uygulanan ve uygulanmayan dondurma karışımlarından sürekli tip dondurma makinesinde %80 hacim artışına sahip dondurmalar üretilmiştir. Çalışma sonucunda hem tek kademeli hem de çift kademeli olarak yapılan homojenizasyon işlemlerinde, homojenizasyon işlem basıncı arttıkça yağ globül boyutlarının azaldığı belirlenmiştir. Çift kademeli homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından üretilen dondurmalar arasında 30/6 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği hariç, diğer örneklerin benzer erime davranışları gösterdikleri saptanmıştır. Dondurma örnekleri arasında 30/6 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin en hızlı eriyen örnek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, yağ globül çapı, kritik yağ globülü çapının ($D_{50,3} \approx 0.85$ mm) altında olan dondurmaların daha hızlı eridiği tespit edilmiştir. Tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin erime davranışı bakımından, çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri ile benzer davranışlar gösterdikleri belirlenmiştir. İlk damlama süreleri tüm örnekler için yaklaşık 30 dakika olarak belirlenmiş ve ilk damlamanın, dondurmanın yüzey özellikleri ve

donmuş su miktarına bağlı olmasından dolayı içyapı hakkında fikir vermediği değerlendirilmiştir.

Ruger vd. (2002)'nin yaptıkları çalışmada, %11.0 süt yağı, %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %13.0 sakaroz ve %3.0 mısır şurubu içeren dondurma karışımları; emülgatör, stabilizatör ve peyniraltı suyu proteini ilave edilmesinden sonra altı farklı basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve dondurmaya işlenmiştir. Üretilen dondurmalar [A (%0.10 emülgatör ilaveli ve 14.1 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), B (%0.10 emülgatör ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), C (%0.28 stabilizatör ilaveli ve 14.1 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), D (%0.28 stabilizatör ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), E (%0.10 emülgatör ile %1.0 peyniraltı suyu protein ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği) ve F (%0.28 stabilizatör ile %1.0 peyniraltı suyu protein ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği)] 18 hafta süresince -24°C'de depolanmış ve dondurma örneklerinde depolamanın 10. günü ile 18. haftasında fizikokimyasal ve duyusal analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda; stabilizatör içeren C, D ve F örneklerindeki buz kristal boyutlarının depolama süresince azaldığı saptanırken, stabilizatör içermeyen A ve B örneklerinin buz kristal boyutlarının arttığı belirlenmiştir. Söz konusu durumun, depolama süresince yeniden kristalleşmenin gerçekleşmesinden ve stabilizatörün ortamdaki suyu absorbe ederek buz kristalleşmesini azaltmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Peyniraltı suyu proteini içeren E örneğinde ise stabilizatör içermemesine rağmen buz kristal boyutunun azaldığı tespit edilmiştir. Peyniraltı suyu proteinlerinin yağ/su ara yüzeyinde etkileşerek su bağlama ve emülsiyon stabilize etme özelliklerinin, hava yüzeyinin ince bir film şeklinde dağılmasını sağladığı ve böylelikle dondurmada buz kristal boyutunun azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca depolamanın 10. gününde stabilizatör içeren C ve D örneklerinin buz kristal boyutları karşılaştırıldığında; aynı oranda stabilizatör içermelerine karşın çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak üretilen D örneğinin buz kristal boyutunun, C örneğine göre daha küçük olduğu saptanmıştır. Çift kademeli homojenizasyon işleminin yağ globül dağılımını sağlamasının, daha küçük buz kristallerinin oluşmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca dondurma örnekleri hem hacim artış değerleri hem de duyusal özellikler açısından değerlendirildiğinde, C ve D örnekleri arasında farklılık olmadığı saptanmıştır.

Erime ve sertlik nitelikleri üzerine dondurma bileşenlerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada; %12 süt yağı, %17 tatlandırıcı, %0.15 stabilizatör, %0.15 mono- ve digliseritler ve emülgatör miktarına göre %11.49-11.54 yağsız süt kurumaddesi içeren dondurma karışımları 71°C'de 30 dakika ısıtılma işlemi uygulandıktan sonra aynı sıcaklıkta çift kademeli olarak 14/3.4 MPa basınçta homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Homojenizasyon işleminin ardından hızla soğutulan dondurma karışımları 4°C'de 48 saat olgunlaştırma işleminden sonra dondurmaya işlenmiştir. Dondurma örnekleri yağ destabilizasyonu, buz kristal boyutu, hacim artışı, erime ve reolojik özellikler açısından

incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre emülgatör miktarı arttıkça yağ destabilizasyon oranında artış ve buna bağlı olarak da örneklerin hacim artışı değerlerinde yükselmeye birlikte erime oranlarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek destabilize olmuş yağın (%50'nin üzerinde) dondurmada akma direncini arttırdığı belirlenmiştir. Hacim artışı değerleri düşük olan dondurmaların daha hızlı eridiği saptanmıştır. Dondurma örneklerindeki daha yavaş erimenin büyük hacimli hava nedeniyle daha düşük hava transferinden kaynaklandığı; ancak asıl nedenin düşük yağ destabilizasyonu (%30'a kadar) olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde emülgatör miktarı arttıkça buz kristal boyutunda da azalmaların olduğu belirlenen çalışmada, yağ detabilizasyon derecesi, hacim artışı ve buz kristal boyutu gibi özelliklerin dondurma sertliğini etkiledikleri tespit edilmiştir (Muse ve Hartel 2004).

Kır (2007) tarafından yapılan dondurma karışımı formülasyonunda farklı tip yağ kullanımının, bu karışımlardan üretilen dondurmaların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, dondurma karışımlarına çift kademeli olarak 20/5 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Dondurma karışımlarının görünür viskozite değerleri homojenizasyon işlemi öncesinde, homojenizasyon işleminden hemen sonra ve 8°C'de 24 saat olgunlaştırma işleminden sonra olmak üzere 3 farklı aşamada belirlenmiştir. Dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi öncesi görünür viskozite değerleri, homojenizasyon işlemi sonrası görünür viskozite değerlerine göre daha yüksek bulunmuş olup, bu durumun homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımının büyük yağ globülleri içermesinden kaynaklandığı ve homojenizasyon işlemiyle yağ globüllerinin parçalanarak görünür viskozite değerlerinde azalışa neden olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca olgunlaştırma sonrası dondurma karışımlarının viskozite değerlerinin, diğer aşamalarda dondurma karışımlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun homojenizasyon işleminin ardından dondurma karışımlarındaki stabilizatör maddelerin su tutma kapasitelerinin artmış olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte dondurma karışımlarının viskozite değerleri arasındaki farklılığın oluşmasında, örneklerin toplam kurumadde değerlerinin farklı olmasının büyük rol oynadığı belirtilmiştir.

Yüksek yağ içeriğine sahip dondurma karışımlarına farklı basınç değerlerinde uygulanan homojenizasyon işleminin, dondurma karışımlarına ve bu karışımlardan elde edilen dondurmaların fiziksel özelliklerine olan etkisinin incelendiği bir çalışmada; ortalama %15.3 süt yağı, %0.9 yumurta yağı içeren ve toplam kurumadde oranları ortalama %42.4 olan dondurma karışımları bir kısmına 5/4, 10/4, 15/4, 20/4 ve 25/4 MPa basınç değerlerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra, bir kısmına ise 5/5, 10/10, 15/15, 20/20 ve 25/25 MPa basınç değerlerinde çift homojenizasyon işlemi (aynı basınçta iki kez homojenizasyon işlemi uygulanması) uygulandıktan sonra, bir kısmı da homojenizasyon işlemi uygulanmaksızın dondurmaya işlenmiştir. Çalışma sonucunda homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarına ait değerler, homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımlarına göre karşılaştırıldığında; 5/4 ve 10/4 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarının ortalama yağ globüllerinin partikül boyutlarının daha küçük, 15/4, 20/4 ve 25/4 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarının ise ortalama yağ globüllerinin partikül boyutlarının daha

büyük olduğu belirtilmiştir. Çalışmada çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarının ortalama yağ globüllerinin partikül boyutlarında 5/5, 10/10, 15/15 ve 20/20 MPa basınç değerlerine kadar azalma olduğu, 25/25 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımının ortalama yağ globüllerinin partikül boyutunda artma olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun yüksek basınçlarda uygulanan homojenizasyon işleminin dondurma karışımlarında yağ globüllerinin birleşmesine neden olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca dondurma karışımlarının ortalama yağ globüllerinin boyutları 1-3 µm arasında iken, bu karışımlardan üretilen dondurmaların ortalama yağ globüllerinin boyutları 4-11 µm olarak belirlenmiştir. Sürekli tip dondurucuda oluşan mekanik etki ile yağ globüllerinin hasara uğramasının daha büyük yağ birleşmesine neden olduğu belirtilmiştir. Dondurma karışımlarından üretilen dondurmaların sertlik değerleri ve erime dirençleri değerlendirildiğinde, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değeri arttıkça bu karışımlardan elde edilen dondurmaların sertlik değerlerinin ve erime dirençlerinin arttığı dolayısıyla, düzenli yağ dağılımı sağlanarak daha kararlı bir yapı oluştuğu belirtilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin buz kristal boyutunun, homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine göre daha büyük olduğu ve bu örnekteki buz kristal boyutundaki artışın depolama boyunca hızla devam ettiği tespit edilmiştir. Yağ globüllerinin daha büyük olması ve düzensiz dağılımlarının daha büyük buz kristallerinin oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir (Tosaki vd. 2009).

Innocente vd. (2009), farklı homojenizasyon işlem basıncının dondurma karışımlarının reolojik özellikleri, yağ büyüklüğü ve dağılımı üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada; hazırladıkları %5 ve %8 yağ içerikli dondurma karışımlarına çift kademeli olarak 15/3 MPa ve 97/3 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulamışlar ve dondurma karışımlarını 4°C’de farklı sürelerde (4 saat ve 20 saat) olgunlaştırmışlardır. Homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarını homojenizasyon işlemine tabi tutulmayan dondurma karışımı ile karşılaştıran araştırmacılar, homojenizasyon işleminde basınç değeri arttıkça dondurma karışımlarının yağ globül çapında azalmanın meydana geldiğini; ancak farklı olgunlaştırma sürelerinin yağ globül büyüklüğünü etkilemediğini tespit etmişlerdir. Çalışmada homojenizasyon işlem basıncının dondurma karışımlarındaki yağ boyutunun küçültmesi üzerinde etkisinin yüksek yağ içeriğine sahip örneklerde daha az belirgin olduğu saptanmıştır. Kayma gerilmesinin kayma hızına karşı çizilen sürekli akış eğrileri incelendiğinde, tüm örneklerin Newtonyen olmayan akış özelliği gösterdiğini belirlenmiştir. Örneklerin 20 1/s kayma hızında en düşük viskozite değerine 15/3 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulanan %5 yağ içerikli dondurma karışımının sahip olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, örneklerin viskozite değerlerinin azalmasını yağ globüllerinin büyüklüğündeki değişikliklerle ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca 97/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımının viskozite değerinin, homojenizasyon işlemine tabi tutulmayan dondurma karışımının viskozite değerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerde yüksek yağ içerikli dondurma karışımlarının daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.

Yapılan farklı bir çalışmada; dondurma karışımlarına uygulanan yüksek basınç değerinde (>200 MPa) homojenizasyon işleminin dondurmanın fizikokimyasal

özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın kontrol gruplarını %6.0 yağ, %12.0 yağsız süt kurumaddesi (MSNF), %14.0 sakaroz, %0.15 monodigliserit, %0.03 polisorbitat80 (PS80) içeren yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanmamış A dondurma örneği ve yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanmış B dondurma örneği oluşturmuştur. Çalışmada, kontrol grubu örnekleri ve tek bileşeni farklı olup diğer bileşenleri kontrol grubu ile aynı olan ve yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanmış C (%2.0 yağ), D (%10.0 yağ), E (%10.0 sakaroz), F (%18.0 sakaroz), G (%9.0 MSNF) ve H (%15.0 MSNF) örneklerinin yağ partikül boyutu ve erime davranışları karşılaştırılmıştır. Dondurma karışımları, 70°C’de 15 dakika ısıl işleme işlemine tabi tutulmuş ve aynı sıcaklıkta 18/3 MPa basınçta çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra 37°C’ye soğutulmuştur. Yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulaması için, 200-500 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımları 4°C’de depolanmıştır. Çalışma sonucunda, tüm dondurma karışımlarının ortalama yağ partikül boyutları yaklaşık 0.5 µm olarak tespit edilmiş ve yüksek basınç değerinde uygulanan homojenizasyon işleminin yağ partikül boyutunu etkilemediği belirlenmiştir. Yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından hazırlanan dondurmaların erime dirençlerinin, yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanmayan A örneğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca yüksek basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan örnekler kendi aralarında değerlendirildiğinde; yüksek şeker içerikli F örneği ve yüksek yağ içerikli D örneklerin 60. dakikadaki erime dirençlerinin (ortalama erime oranları %20), diğer dondurma örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dondurma karışımlarında bulunan yağ ve sakarozun yüksek basınç uygulaması ile beraber protein agregasyonunu teşvik ettiği, kazeinlerin bir araya gelmesini sağladığı ve katkı maddesi kullanımına ihtiyaç duyulmadan dondurma karışımlarının yüksek basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra dondurmaya işlenebileceği belirtilmiştir (Huppertz vd. 2011).

Dondurmanın fiziksel ve yapısal özellikleri üzerine homojenizasyon işlem basıncının etkisinin incelendiği bir çalışmada; bileşiminde %19.0 şeker, %10.0 yağsız süt kurumaddesi, %0.5 emülgatör ve %0.25 stabilizatör olup farklı yağ içeriğinde (%5.0 ve %8.0) hazırlanan dondurma karışımları, farklı basınç değerlerinde (15/3 MPa ve 97/3 MPa) homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra dondurmaya işlenmiştir. Dondurma karışımlarının ve bu karışımlardan üretilen dondurma örneklerinin bazı özellikleri belirlenmiştir. Uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değerinin artmasıyla birlikte dondurma karışımlarındaki yağ globül çaplarının azaldığı belirlenmiş ve düşük homojenizasyon basıncının (15/3 MPa), yağ içeriği %8.0 olan dondurma karışımı örneklerinin viskozite değerlerinde azalmaya neden olduğu; ancak bu örneklerin en yüksek hacim artışı değerine sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımı örneklerinin daha zayıf jeller oluşturduğu ve bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin sertlik değerleri açısından, düşük basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımından üretilen dondurma örnekleriyle benzer nitelikler taşıdığı gözlenmiştir. Yağ içeriği %8.0 olan ve yüksek basınç değerinde (97/3 MPa) homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından elde edilen dondurma örneklerinin en düşük hacim artışı, sertlik ve erime direnci değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yüksek basınç değerinde yapılan homojenizasyon işleminin, dondurma karışımlarının görünür

viskozitesini ve dondurmaların viskoelastik özelliklerini geliştirdiği tespit edilmiştir (Biasutti vd. 2013).

Protein içeriğini arttırmanın, dondurmanın yağ dengesizliği ve erimesi üzerine etkisini incelemek için protein kaynağı olarak yağsız süt kurumaddesi (NFDM), süt protein konsantresi (MPC), peyniraltı suyu proteini izolatu (WPI), procream (PRO) ve susuz süt yağı (AMF)'nin kullanıldığı bir çalışmada, her bir protein kaynağını %4, 6, 8 ve 10 oranlarında içeren dondurma karışımları hazırlanmıştır. Dondurma karışımları 58°C'de ve 17.2/3.4 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve homojenizasyon işlemi sonunda soğutulurak 4°C'de 24 saat dinlendirildikten sonra dondurmaya işlenmiştir. Çalışma sonucunda; dondurmaların hacim artışı, ortalama hava hücresi ve buz kristal boyutunun protein kaynağı çeşidi ve konsantrasyonundan etkilenmediği belirlenmiştir. Sadece NFDM içeren dondurmalar hariç, dondurma örneklerinde protein miktarının artmasıyla kısmen birleşmiş yağ miktarının azaldığı ve erime hızının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca artan protein içeriğinin dondurma karışımlarının viskozite değerlerinde artışa sebep olduğu belirtilmiştir (Daw ve Hartel 2015).

Yüksek basınç değerinde uygulanan homojenizasyon işleminin dondurma karışımlarının reolojik özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından ve 125 MPa, 250 MPa, 375 MPa ve 500 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından dondurma örnekleri üretilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin yoğunluğu 1.045 g/mL olarak belirlenirken, 500 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin yoğunluğunun 0.785 g/mL olduğu tespit edilmiştir. 250 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımının kıvam indeksi değeri 0.117 iken, 500 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımının kıvam indeksi değerinin ise 0.788 olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca akış davranış indeksi değerlerinin homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımı ve 500 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımı için sırasıyla 0.643 ve 0.425 olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, yüksek basınç değerinde uygulanan homojenizasyon işleminin artan basınçla birlikte dondurma karışımlarının yapısal özelliklerinde önemli değişiklikler meydana getirdiği değerlendirilmiştir (Tran 2016).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Dondurmaların üretiminde kullanılan stabilizatör (Guar gam- E412 + Sodyum aljinat -E401 + Karragenan-E407 + Keçiboynuzu gamı-E410) Selim Esans Deposu Ltd. Şti. (İzmir, Türkiye)'den, yağsız süt tozu, tereyağı ve şeker piyasadan, inek sütü ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermayesi'ne bağlı Sığır Çiftliği'nden temin edilmiştir. Dondurmaların üretimi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

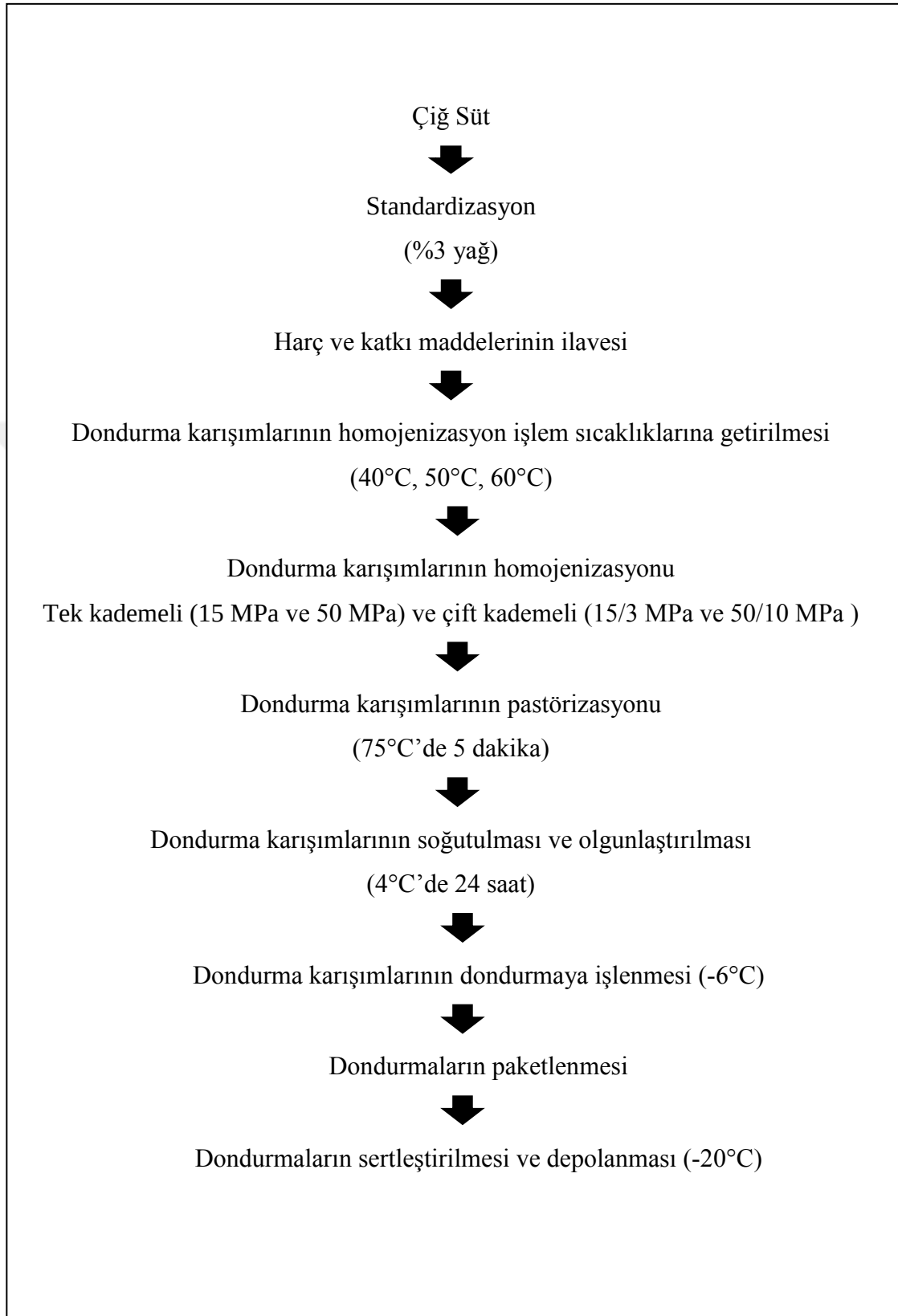
3.2. Metot

3.2.1. Dondurma örneklerinin üretimi

Dondurmaların üretiminde kullanılmış olan dondurma karışımı; yağsız süt kurumadde oranı %10.0, şeker oranı %16.0, yağ oranı %3.0 ve stabilizatör oranı %0.5 olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan dondurma karışımları; laboratuvar tipi homojenizatör (Buffalo Series Homolab 2, H.P. Homogenizers FBF, Parma, Italy) kullanılarak tek kademeli (15 MPa ve 50 MPa) ve çift kademeli (15/3 MPa ve 50/10 MPa) olmak üzere dört farklı basınç değerinde ve üç farklı sıcaklık (40°C, 50°C ve 60°C) derecelerinde homojenize edilip (Şekil 3.1) 75°C'de 5 dakika ısıl işleme tabi tutulduktan sonra, 4°C'ye soğutulurak 24 saat olgunlaştırılmıştır. Olgunlaştırma işleminin ardından dondurma karışımları dondurma makinesinde (M10C Mehen Food Machine, China) dondurmaya işlenmiş ve hazırlanan dondurma örnekleri 200 g'lık plastik ambalajlara doldurularak -20°C'de 90 gün süresince depolanmıştır. Çalışmada kontrol grubu örneklerini ise homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından üretilen dondurma örnekleri oluşturmuştur (Şekil 3.2). Tüm dondurma örnekleri Çizelge 3.1' de ifade edildiği gibi kodlanmıştır.



Şekil 3.1. Dondurma üretimlerinde dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemi



Şekil 3.2. Dondurma üretimi akış şeması

Çizelge 3.1. Dondurma örnekleri

Dondurma Örnekleri	
A	: Kontrol dondurma örneği
B	: 40°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
C	: 50°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
D	: 60°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
E	: 40°C’de tek kademeli olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
F	: 50°C’de tek kademeli olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
G	: 60°C’de tek kademeli olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
H	: 40°C’de çift kademeli olarak 15/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
I	: 50°C’de çift kademeli olarak 15/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
J	: 60°C’de çift kademeli olarak 15/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
K	: 40°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
L	: 50°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği
M	: 60°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği

3.3. Fizikokimyasal Analiz Yöntemleri

3.3.1. Sütte yapılan analizler

3.3.1.1. Kurumadde tayini:

Süt örneklerinde kurumadde tayini TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda verilen metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994).

3.3.1.2. Yağ tayini:

Süt örneklerinin yağ içerikleri bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile tespit edilmiştir (Anonim 1995).

3.3.1.3. Protein tayini:

Dondurma yapımında kullanılan sütlerin azot miktarları Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve elde edilen değerler 6.38 faktörüyle çarpılarak protein miktarları bulunmuştur (Kurt vd. 1993).

3.3.1.4. pH tayini:

Süt örneklerinin pH değeri Orion 2 Star (Thermo Scientific, Singapur) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

3.3.1.5. Titrasyon asitliği tayini:

Süt örneklerinin titrasyon asitliği tayini TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda belirtilen Soxhelet-Henkel yöntemi ile yapılarak sonuçlar %laktik asit cinsinden (3.1) hesaplanmıştır (Anonim 1994).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = [(V \times 0.009) / m] \times 100$$

$$V = \text{Harcanan } 0.1 \text{ N NaOH (mL)}$$

$$m = \text{Örnek miktarı (g)} \quad (3.1)$$

3.3.1.6. Kül tayini:

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

3.3.2. Dondurma karışımlarında yapılan analizler

3.3.2.1. Viskozite tayini

Dondurmaya işlenen dondurma karışımlarının viskozite değerleri Brookfield viskozimetresi (Model DV II+Pro, Brookfield Engineering Laboratories Inc, Middleboro, MA, USA) kullanılarak tespit edilmiştir. Ölçümler, oda sıcaklığında 3 numaralı spindle kullanılarak ve 50 rpm dönüş hızında yapılmış olup Abd El-Rahman vd. (1997)'nin kullandığı yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir.

3.3.2.2. Titrasyon asitliği tayini

100 mL hacmindeki erlen içerisinde homojenize edilen örnekten 9 g tartılarak üzerine 3-5 damla %1'lik fenolftaleyn belirteç çözeltisinden ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile kaybolmayan hafif pembe renk meydana gelinceye kadar titre edilmiştir. Harcanan alkali miktarından örneklerin %asitlik değeri (3.2) hesaplanmıştır (Gürsel ve Karacabey 1998).

$$\text{Titration asitliği (\%)} = [(V \times 0.009) / m] \times 100$$

V = Harcanan 0.1 N NaOH (mL)

m = Örnek miktarı (g) (3.2)

3.3.2.3. pH değeri tayini

pH değeri Orion 2 Star (Thermo Scientific, Singapur) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

3.3.3. Dondurma örneklerinde yapılan analizler

3.3.3.1. Kurumadde tayini

İçerisinde bir miktar HCl ile yıkanmış ve sonrasında kurutulmuş kum ve baget konulan kurutma kapları kapakları yarı açık olarak 102±2°C'de etüvde 1 saat tutulduktan sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğuması sağlanmıştır. Darası tespit edilen kurutma kaplarına örneklerden 2-3 g alınıp baget yardımıyla kumla karıştırılarak kabın dibine yayılması sağlanmıştır. Kurutma kapları ağzı açık olacak şekilde 100±2°C'de 1.5-2 saat kadar tutularak ve ardından desikatörde soğutularak tartımı alındıktan sonra tekrar etüve yerleştirilmiştir. Bir saatlik kurutma işleminin ardından kaplar soğutularak tekrar tartılmış ve iki tartım arasındaki fark 0.5 mg oluncaya kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen son değerler kullanılarak örneklerin kurumadde oranları aşağıdaki formül (3.3) yardımıyla hesaplanmıştır (Gürsel ve Karacabey 1998).

$$\text{Kurumadde (\%)} = [(M_1 - M_0) / (M - M_0)] \times 100$$

M₀ = Kap ve kumun kütlesi (dara), g

M = Kurutmadan önceki örnek ile birlikte kabın kütlesi, g

M₁ = Kurutmadan sonra örnek ile kabın kütlesi, g (3.3)

3.3.3.2. Yağ tayini

Süt bütirometresine 1.82 özgül ağırlığına sahip H₂SO₄'ten 10 mL, 1 kısım dondurma + 2 kısım su karışımından 11 mL ve amil alkolden 1 mL aktarılmıştır. Daha sonra bütirometre 10 kez alt-üst edilerek içindekilerin tamamen karışması sağlanmıştır. Bütirometreler karşılıklı olarak santrifüje cihazına yerleştirilerek 10 dakika santrifüj

edilmiştir. Örneklerin yağ içeriği skaladan % olarak okunmuş ve okunan değer 3 ile çarpılarak gerçek yağ yüzdesi bulunmuştur (Gürsel ve Karacabey 1998).

3.3.3.3. Protein tayini

Dondurma örneklerinin protein miktarları, Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

3.3.3.4. Kül tayini

Örneklerin kül içerikleri gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd. 1993).

3.3.3.5. Toplam şeker tayini

%Kurumadde değerinden %yağ, %protein ve %kül miktarlarının toplamının çıkarılmasıyla hesaplanmıştır (Işık 2005).

3.3.3.6. Titrasyon asitliği tayini

100 mL hacmindeki erlen içerisine homojenize edilmiş örnekten 10 g tartılıp üzerine 10 mL saf su eklenmiştir. Üzerine 1 mL %2'lik fenolfitaleyn belirteç çözeltisinden ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile kaybolmayan hafif pembe renk meydana gelinceye kadar titre edilmiştir. Harcanan alkali miktarından örneklerin %asitlik değeri (3.4) hesaplanmıştır (Kurt vd. 1993).

$$\text{Titration asitliği (\%)} = [(V \times 0.009) / m] \times 100$$

V = Harcanan 0.1 N NaOH (mL)

m = Örnek miktarı (g) (3.4)

3.3.3.7. pH tayini

Dondurma örneklerinin pH değeri Thermo Scientific Orion 2 Star marka pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

3.3.3.8. Hacim artışı (over-run) tayini

Dondurma örneklerinin hacim artışını belirlemek için, darası tespit edilen ölçülü silindir içine belli hacme kadar boşluk kalmayacak şekilde dondurma örneği doldurulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. Aynı dondurma örneği bir beher içinde su banyosunda eritilerek ve eriyen karışım ölçülü silindir içine aynı hacme kadar konularak tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle (3.5) hesaplanmıştır (Anonim 1986).

$$\text{Hacim artışı (\%)} = [(KA - DA) / DA] \times 100$$

DA: Dondurmanın kütlesi, g

KA: Eritilmiş karışımın kütlesi, g (3.5)

3.3.3.9. Erime miktarı tayini

Aralıkları 2.5 mm olan paslanmaz çelikten yapılmış bir elek, darası alınarak bir beher (500-600 mL'lik) üzerine yerleştirilmiştir. Eleğin üzerine önceden analiz için hazırlanan -20°C'deki dondurmalarından yaklaşık 100 g tartılmıştır. Tartımlar 10-15 sn içinde gerçekleştirilmiştir. Tartımdan hemen sonra örnekler 15.5±0.3°C'deki inkübasyon dolabına yerleştirilerek kronometre çalıştırılmıştır. Tam 10 dakika sonra inkübasyon dolabından çıkarılan beher, üzerindeki elek ve dondurma kaldırılarak tartılmış ve dara + eriyen dondurma miktarı belirlenmiştir. Elek ile dondurma tekrar beherin üzerine yerleştirilmiş beher aynı sıcaklıktaki inkübasyon dolabına konulmuştur. Bundan sonra her 10 dakikada bir bu işlem tekrarlanmış ve 60. dakikada işleme son verilmiştir. Böylece 10., 20., 30., 40., 50. ve 60. dakikalarda belirlenen ağırlık değerlerinden beherin darası çıkarılarak erime miktarları hesaplanmıştır (Dervişoğlu 1995).

3.3.3.10. Kısmi (ilk damlama) ve tamamen erime süresinin belirlenmesi

Erime miktarı tayininde kısmi erime olarak ilk damlama süresi, tamamen erime olarak ise dondurma örneklerinin tamamen eridiği süreler hesaplanmıştır (Koyun 2009).

3.3.3.11. Sertlik tayini

Dondurmaların sertlik değeri TA.XT Plus tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) ile El-Nagar vd. (2002)'nin kullandıkları yöntem modifiye edilerek tespit edilmiştir. Dondurmaların sertlik değeri derin dondurucudan çıkarılan örneklerin 15°C'de 15 dakika bekletilmesinden sonra yapılmıştır. Analiz 5 mm'lik silindir prob kullanılarak ve test hızı 1 mm/s, bekleme süresi 5 sn, trigger kuvveti 5 kg, uzaklık ise 25 mm olacak şekilde yapılmıştır. Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri N (Newton) cinsinden ifade edilmiştir.

3.3.3.12. Reolojik özelliklerin belirlenmesi

Erimiş dondurma örneklerine ait reolojik parametreler Rossa vd. (2012)'nin belirttikleri yöntemle göre belirlenmiştir. Örneklerin reolojik ölçümleri Brookfield R/S Plus Rheometer (Brookfield, Middleboro, MA, USA) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde double gap concentric cylinder geometry (DG 3) kullanılmıştır. Ölçüm sırasında su banyosu (Brookfield TC-502) kullanılarak örneklerin sıcaklığı 4°C'de sabit tutulmuştur. Kontrollü artan ve azalan kayma hızında örneklerin kayma gerilimleri ölçülmüştür. Kayma hızı 19.6'dan 67.3'e 1/saniye arttırılarak 20 dakika çıkış ve 67.3'den 19.6'ya 1/saniye azaltılarak 20 dakika iniş eğrileri belirlenmiştir. Örneklerin reolojik özellikleri, çıkış ve iniş eğrilerine ait veriler kullanılarak, akışkan tipi Rheo3000 (Rheotec Messtechnik GmbH, Berlin, Germany) yazılımı ile belirlenmiştir. Çıkış viskozite/kayma hızı eğrisindeki 20 1/s kayma hızındaki değer, örneklerin görünür viskozite değerleri olarak alınmıştır. Ölçümler, dondurma örneklerinin 15°C'de tamamen erimeleri sağlandıktan sonra depolanmanın 1. günü gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.13. Yağ destabilizasyonu tayini

Yağ destabilizasyonu için dondurma örnekleri Rossa vd. (2012)'nin belirttiği yöntemine göre; distile su ile 500 kat seyreltilerek 1200 rpm'de 5 dakika santrifüj (Ludwig Wagner Str. 12, Herolab, Almanya) edildikten sonra 10 dakika bekletilmiş ve 540 nm dalga boyunda distile suyun boş olarak kullanıldığı UV-Visible Spektrofotometre (Thermo Scientific, Evolution Array, Seul, South Korea) cihazında okunarak elde edilen değerler (3.6) kaydedilmiştir.

$$\text{Yağ destabilizasyonu (\%)} = [(A_o - A) / (A_o)] \times 100$$

A_o = Dondurma karışımının absorbans değeri

A = Dondurma örneğinin absorbans değeri (3.6)

3.4. Duyusal Analizler

Dondurma örneklerinin duyusal analizleri Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşturulmuş 10 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır. Dondurmaların duyusal yönden değerlendirilmesinde TS 4265 (Dondurma-Süt Esası)'de belirtilen kriterler (Çizelge 3.2) kullanılmıştır (Anonim 1992).

3.5. İstatistiksel Analiz Yöntemi

Araştırma 2 tekerrürlü yapılmış olup, analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar varyans analizine tabi tutulmuş ve farklı bulunan sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd. 1987).

Çizelge 3.2. Dondurma örneklerinin duyuusal niteliklerinin saptanmasında kullanılan puanlama ölçütler (Anonim 1992).

Özellik	Nitelik	Puan
RENK ve GÖRÜNÜŞ	ÇOK İYİ.....	5
	İYİ.....	4
	a) Net olmayan renk b) Görünümü biraz bozuk	3
	AZ KUSURLU.....	
	a) Tabii olmayan renk KUSURLU..... a) Görünüm çok bozuk	2
YAPI ve KIVAM	ÇOK İYİ.....	5
	İYİ.....	4
	a) Sert ve sıkı	
	AZ KUSURLU.....	3
	a) Delikli hava kabarcıklı b) Yapışkan c) Gevşek dağılan d) Çamurumsu, ıslak KUSURLU..... a) Kristalleşmiş	2
TAT ve KOKU	ÇOK İYİ.....	5
	İYİ.....	4
	a) Çok düşük asitlik b) Şeker azlığı c) Şeker fazlalılığı	3
	AZ KUSURLU.....	
	a) Acı, yanığımsı, maltımsı b) Sütten gelebilecek yem kokusu c) Aroma eksikliği d) Aroma fazlalığı e) Pişmiş tat f) Çok yüksek asitlik	2
	KUSURLU.....	
	a) Küf tadı b) Çok ekşi tat c) Mayamsı d) Acı ve sabunumsu	

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Dondurmaların üretiminde kullanılan sütün bileşimi

Dondurma üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi ile ilgili parametrelere ait ortalama değerler standart hataları ile birlikte Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Dondurma üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi

Özellik	Çiğ Süt
Kurumadde (%)	11.53 ± 0.03*
Kül (%)	0.73 ± 0.03
Protein (%)	3.16 ± 0.01
Yağ (%)	3.1 ± 0.0
Titrasyon asitliği (%laktik asit)	0.13± 0.01
pH	6.64 ± 0.01

*Değerler: Ortalama değer ± standart sapma

Çiğ sütte ortalama kurumadde, kül, toplam protein, yağ, titrasyon asitliği ve pH değerleri sırasıyla %11.53, %0.73, %3.16, %3.1, %0.13 laktik asit ve 6.64 olarak tespit edilmiştir.

4.1.2. Dondurma karışımlarının pH ve titrasyon asitliği değerleri

Dört farklı basınç ve üç farklı sıcaklık derecelerinde homojenizasyon işlemine tabi tutularak hazırlanan dondurma karışımlarının ve kontrol dondurma karışımının pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’den görüleceği üzere dondurma karışımlarının ortalama pH değerlerinin 6.13 ile 6.47 arasında, ortalama titrasyon asitliği değerlerinin ise %0.20-0.25 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Ruger vd. (2002) çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulamasının ve peyniraltı suyu proteinlerinin dondurmanın tekstürel özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, dondurma örneklerine ait pH değerlerinin 6.40 ile 6.51 arasında değiştiğini belirlemişler ve bu değişimin sebebinin dondurma karışımının yağsız kurumadde miktarından kaynaklandığını, dondurma karışımının yağsız kurumadde miktarı arttıkça pH düzeyinde azalma, asitlik düzeyinde artma meydana getirdiğini değerlendirmişlerdir. Goff ve Hartel (2013), dondurma karışımının pH değerinin yaklaşık 6.3 olduğunu bildirmişlerdir. Koyun (2009), endüstriyel dondurma üretiminde yağsız süt tozu yerine, peyniraltı suyu protein konsantresi kullanımının dondurmaya uygunluğunu araştırdığı çalışmada, dondurma karışımlarına 15 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulamıştır. Çalışmada, dondurma karışımlarına ait pH değerlerinin ortalama 6.4 ile 6.5 arasında değiştiği belirtilmiştir. Karaman (2011)’in salep ve bazı stabilizatörlerin maraş dondurmasının çeşitli nitelikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, pH değerlerinin 6.41 ve 6.45 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Yeşilsu (2006) tarafından yapılan dondurmanın fiziksel,

kimyasal ve duyuşsal nitelikleri üzerine bazı pekmez çeşitlerinin etkisinin incelendiğı bir çalışmada örneklerin asitlik miktarı %0.22 ile 0.43 olarak belirlenmiştir. Aşçı-Arslan vd. (2016) *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356'nın üç farklı yöntem ile dondurma üretiminde kullanılması ile ilgili yaptıkları farklı bir çalışmada, dondurma mikşlerinin pH değerini 5.52 ile 7.18 arasında tespit ederlerken, titrasyon asitliği değerlerini %0.17 ile %0.41 arasında saptamışlardır. Çalışmamızda üretilen dondurma örneklerinin pH ve asitlik değerlerinin, yukarıda bahsi geçen araştırmalarda üretilen dondurma örneklerinin pH ve asitlik değerlerine genel olarak yakın değerler aldığı belirlenmiş ve bazı farklılıkların ise dondurma üretimlerinde kullanılan formülasyon farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.2. Dondurma karışımının ortalama pH ve titrasyon asitliği (%laktik asit) değerleri

Dondurma Karışimleri		
Örnek Çeşidi	Titrasyon asitliği (%laktik asit)	pH
A	0.20±0.00	6.44±0.01
B	0.20±0.00	6.36±0.07
C	0.20±0.00	6.40±0.01
D	0.20±0.00	6.43±0.01
E	0.21±0.00	6.46±0.01
F	0.21±0.00	6.39±0.09
G	0.20±0.01	6.47±0.01
H	0.21±0.00	6.43±0.00
I	0.22±0.00	6.33±0.12
J	0.21±0.02	6.26±0.04
K	0.25±0.01	6.26±0.08
L	0.25±0.00	6.28±0.12
M	0.25±0.00	6.13±0.01

4.1.3. Dondurma karışımına ait ortalama viskozite değerleri

Akmaya karşı gösterilen direnç olarak ifade edilen viskozite, dondurma karışımının en önemli özelliklerinden biridir. Dondurmanın dövülebilme yeteneğı ve dondurma karışımının dondurmaya işlenmesi sırasında dondurmaya verilen havanın tutulması açısından dondurma karışımının belirli bir viskozite değerine sahip olması gerekmektedir (Karaman 2011).

Dört farklı basınç ve üç farklı sıcaklık derecelerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımının homojenizasyon işlemi sonrası ve 24 saat süren olgunlaştırma işlemi sonrası ortalama viskozite (cP) değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Genel olarak; tek kademeli homojenizasyon işlemi, viskozitesinin yüksek olması istenen ürünlerde (örneğin yağ oranı az olan süt), çift kademeli homojenizasyon işlemi ise viskozitesinin düşük olması istenenler ile kurumaddesi ya da yağ oranı yüksek olan

ürünlerde (örneğin krema, dondurma karışımı) tercih edilmektedir (Tekinşen ve Tekinşen 2008). Elde edilen sonuçların literatür bilgisine uygunluk gösterdiği değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Dondurma karışımlarının ortalama viskozite değerleri (cP)

Örnek	Çeşidi	Viskozite değeri (cP)	
		Homojenizasyon işlemi sonrası	Olgunlaştırma işlemi sonrası
A		—*	1434.1±9.6
B		694.6±3.5	875.5±0.8
C		728.5±3.7	862.1±14.3
D		765.5±29.1	1005.7±1.4
E		318.5±4.5	404.3±18.4
F		368.2±12.4	432.1±0.1
G		360.5±9.9	403.7±6.6
H		666.9±7.2	804.6±1.3
I		624.6±20.3	818.9±29.6
J		754.5±23.5	936.5±10.9
K		320.1±5.5	376.0±7.7
L		274.3±18.9	333.4±1.2
M		323.4±2.4	385.3±5.4

*: Kontrol örneğine homojenizasyon işlemi uygulanmamıştır.

Kır (2007) farklı tip yağ kullanımının dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyu kalite özellikleri üzerine etkisini incelediği çalışmada, dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi öncesi ölçülen viskozite değerlerinin 800-1900 cP değerleri arasında olduğunu, homojenizasyon işlemi sonrası ise bu değerlerin 600- 1400 cP arasında değiştiğini tespit etmiştir. Araştırmacı ayrıca aynı örneklerin olgunlaştırma işlemi sonrası ölçülen viskozite değerlerinin 900 ve 2400 cP arasında olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçların, belirtilen çalışmadaki homojenizasyon işlemi öncesi, homojenizasyon işlemi sonrası ve olgunlaştırma işlemi sonrası dondurma karışımlarına ait viskozite değerleri ile benzer şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Homojenizasyon işlemi uygulanmayan kontrol dondurma karışımı örneğinin viskozite değerinin, homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarına göre yüksek olması; dondurma karışımının homojenize olmamış büyük yağ globülleri içermesinden kaynaklanmakta ve bununla birlikte dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemiyle yağ globülleri parçalanarak önceki duruma göre viskozitede azalışa sebep olmaktadır (Leviton ve Pallansch 1959). Ayrıca tüm örneklerin viskozite değerlerinin olgunlaştırma işleminden sonra artmasında, dondurma karışımlarının içerdiği stabilizatörlerin zamanla su tutma aktivitelerinin hızlanması sonucu viskozitede artışa sebep olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir (Kır 2007).

Çalışmamızda homojenizasyon işlemi uygulanmayan kontrol dondurma karışımı örneğinin olgunlaştırma işlemi öncesi ortalama viskozite değeri 1190.4 cP olarak ölçülmüştür. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda, hem homojenizasyon işleminden sonra hem de olgunlaştırma işleminden sonra ölçülen viskozite değerleri üzerine homojenizasyon

basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı interaksyonunun dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine etkisinin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası)

Varyasyon Kaynakları	SD	Viskozite değeri (cP)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	290300.0299	1364.81***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	7072.4340	33.25***
HB x HS	6	2384.7011	11.21***
Hata	12	212.7043	

*** $P < 0.001$

Çizelge 4.5. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları (Olgunlaştırma işlemi sonrası)

Varyasyon Kaynakları	SD	Viskozite değeri (cP)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	510354.659	3661.28***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	11954.534	85.76***
HB x HS	6	4057.352	29.11***
Hata	12	139.392	

*** $P < 0.001$

Dondurma örneklerinin üretiminde kullanılan dondurma karışımlarına ait homojenizasyon işlemi sonrası ve olgunlaştırma işlemi sonrası ölçülen ortalama viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7 incelendiğinde; hem tek kademeli olarak hem de çift kademeli olarak uygulanan homojenizasyon işlemlerinde homojenizasyon işlem basıncı arttıkça, dondurma karışımlarının viskozite değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hem homojenizasyon işlemi sonrası hem de olgunlaştırma işlemi sonrası en düşük viskozite değerine 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarının sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çizelge 4.3’de görüleceği üzere, homojenizasyon işlemi uygulanmadan elde edilen kontrol örneğinin homojenizasyon öncesi ve olgunlaştırma işlemi sonrası en yüksek viskozite değerine sahip olduğu saptanmıştır.

Schmidt ve Smith (1989) yaptıkları bir çalışmada, dondurma karışımlarına uygulanan farklı homojenizasyon işlemlerinin dondurmanın fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada; %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %10.2 yağ, %13.0 şeker, %4.0 mısır şurubu, %0.25 stabilizatör içeren dondurma karışımları, tek kademeli olarak 3.43, 6.86, 13.82 ve 27.55 MPa basınç değerlerinde ve çift kademeli olarak 3.43/3.43, 6.86/3.43, 13.82/3.43 ve 27.55/3.43 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve dondurmaya işlenmiştir. Yapılan viskozite ölçümleri sonucunda, çift kademeli olarak 27.55/3.43 MPa basınçta homojenizasyon

işlemi uygulanan dondurma karışımının diğer tüm dondurma karışımlara göre daha düşük viskozite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yağ globüllerinin dağılımının dondurma karışımlarında viskoziteyi etkilediği düşünülmüş ve küçük yağ globüllerinin akmaya karşı dirençlerinin daha az olduğu belirtilmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin, Schmidt ve Smith (1989) tarafından yapılan çalışma ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.6. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası)

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Viskozite değeri (cP)
15	729.5±34.3 a *
50	349.0±25.0 c
15/3	682.0±61.0 b
50/10	305.9±26.1 d
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	500.0±193.6 b
50	498.9±197.5 b
60	550.9±224.4 a

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.7. Dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Olgunlaştırma işlemi sonrası)

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Viskozite değeri (cP)
15	914.4±71.3 a *
50	413.4±16.9 c
15/3	853.3±66.3 b
50/10	351.6±15.3 d
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	610.1±248.1 b
50	611.6±248.4 b
60	677.8±315.0 a

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de görüleceği üzere homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine homojenizasyon işlem sıcaklığının etkisi incelendiğinde; hem homojenizasyon işlemi sonrası hem de olgunlaştırma işlemi sonrası en yüksek viskozite değerlerine 60°C’de homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarının sahip olduğu belirlenirken; 40°C ve 50°C’lerde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ve olgunlaştırma işlemi sonrasında ölçülen viskozite değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı (P>0.05) tespit edilmiştir.

Kontrol dondurma karışımı da dahil edilerek tüm dondurma karışımlarının viskozite değerlerinin varyans analizinin yapılabilmesi için her bir uygulama sonucunda elde edilen dondurma karışımları farklı örnekler olarak ele alınarak ürün çeşidi başlığı

altında değerlendirilmiştir. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının ortalama viskozite (cP) değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkili olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ölçülen viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Viskozite değeri (cP)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	144787.800	605.05***
Hata	13	239.300	

*** $P<0.001$

Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ölçülen ortalama viskozite (cP) değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkili olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.9. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ölçülen viskozite değerlerine (cP) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Viskozite değeri (cP)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	230300.358	1695.56***
Hata	13	135.826	

*** $P<0.001$

Homojenizasyon işlemi ve olgunlaştırma işlemi sonrası kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarına ait ortalama viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

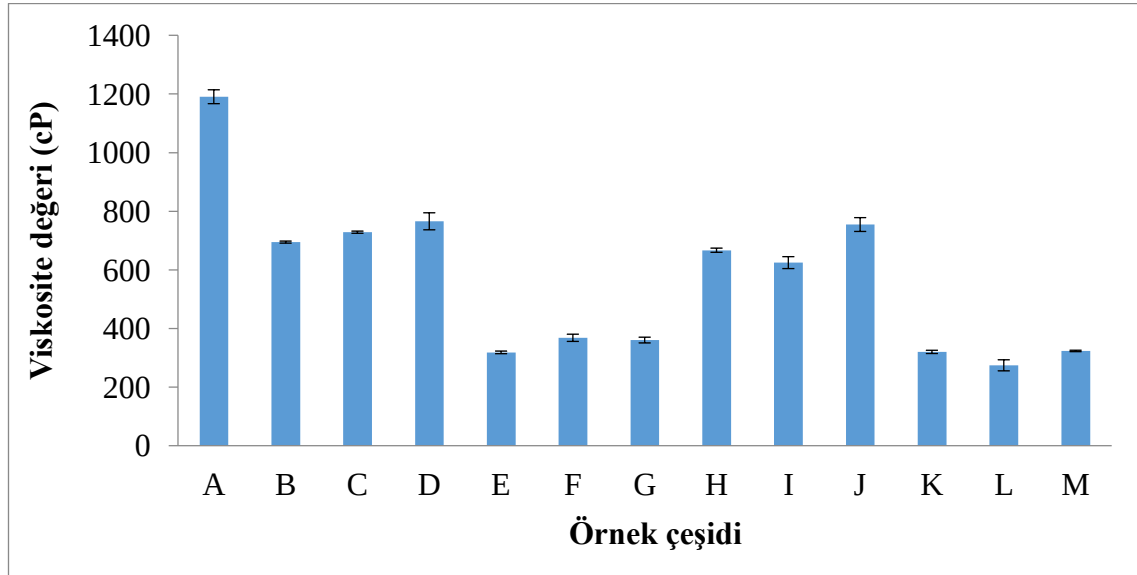
Çizelge 4.10’daki homojenizasyon işlemi sonrası dondurma karışımlarına ait ortalama viskozite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; en yüksek ortalama viskozite değerine (1190.4 cP) kontrol dondurma karışımının sahip olduğu, en düşük ortalama viskozite değerinin (274.3 cP) ise 50°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımına ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aynı çizelgede görüldüğü üzere; olgunlaştırma işlemi sonrası en yüksek ortalama viskozite değeri (1434.1 cP) kontrol dondurma karışımında, en düşük ortalama viskozite değeri ise (333.4 cP) 50°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının viskozite değerlerine (cP) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (Homojenizasyon işlemi sonrası ve olgunlaştırma işlemi sonrası)

Örnek Çeşidi	Homojenizasyon işlemi sonrası viskozite değeri (cP)	Olgunlaştırma işlemi sonrası viskozite değeri (cP)
A	1190.4±23.6 a*	1434.1±9.6 a
B	694.6±3.5 d	875.5±0.8 d
C	728.5±3.7 c	862.1±14.3 d
D	765.5±29.1 b	1005.7±1.4 b
E	318.5±4.5 g	404.3±18.4 g
F	368.2±12.4 f	432.1±0.1 f
G	360.5±9.9 f	403.7±6.6 g
H	666.9±7.2 d	804.6±1.3 e
I	624.6±20.3 e	818.9±29.6 e
J	754.5±23.5 bc	936.5±10.9 c
K	320.1±5.5 g	376.0±7.7 h
L	274.3±18.9 h	333.4±1.2 ı
M	323.4±2.4 g	385.3±5.4 h

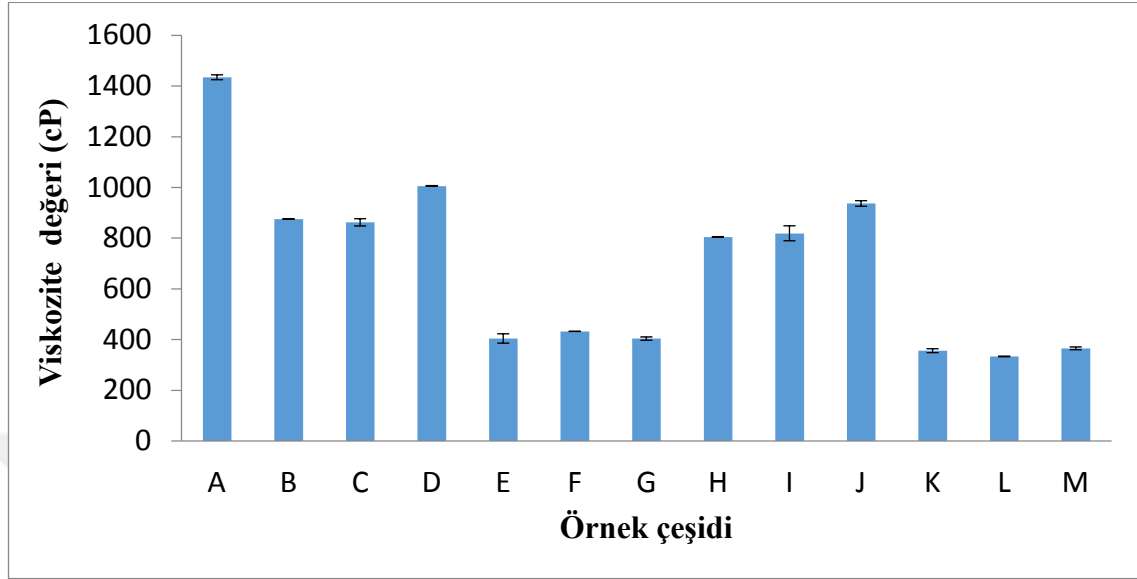
* Aynı sütunda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Homojenizasyon işlemi uygulanmamış kontrol dondurma karışımı ile homojenizasyon işlemi uygulanmış dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki değişim Şekil 4.1’de görülmektedir. Homojenizasyon işlemi uygulanmamış kontrol dondurma karışımı ile homojenizasyon işlemi uygulanmış dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki değişim Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının homojenizasyon işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki (cP) değişim

Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki değişim Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Kontrol dondurma karışımı örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma karışımlarının olgunlaştırma işlemi sonrası ortalama viskozite değerlerindeki (cP) değişim

4.1.4. Dondurma örneklerine ait kurumadde, kül, yağ, protein ve toplam şeker miktarları ve titrasyon asitliği ve pH değerleri

Dondurma örneklerine ait ortalama kurumadde, kül, yağ, protein ve toplam şeker miktarları ile pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Söz konusu değerler sadece dondurma örneklerinin depolanmasının ilk gününde belirlenmiştir. Dondurma örneklerinde kurumadde miktarının %28.00 ile 28.91, kül miktarının %0.78 ile 0.84, pH değerinin 6.16 ile 6.47, titrasyon asitliği değerinin %0.17 ile 0.21, protein miktarının %4.03 ile 4.36 ve toplam şeker miktarının %19.99 ile 20.74 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinde belirlenen yağ miktarları arasında farklılık olmadığı ve örneklerin yağ içeriklerinin %3.0 olduğu saptanmıştır.

Ruger vd. (2002)’nin çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulamasının ve peyniraltı suyu proteinleri kullanılmasının dondurmanın tekstürel özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, dondurma örneklerine ait kurumadde değerlerinin %37.9 ile 38.2 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Koyun (2009) endüstriyel dondurma üretiminde yağsız süt tozu yerine peyniraltı suyu protein konsantresi kullanımının dondurmaya uygunluğunu araştırdığı çalışmada, dondurma karışımlarına 15 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulamıştır. Çalışmada, dondurma örneklerinin kurumadde değerlerinin ortalama %35.3 olduğunu tespit edilmiştir. Aime vd. (2001), vanilyalı dondurmanın tekstürel özelliklerini incelemek için 4 farklı oranda yağı azaltılmış dondurma üretmişler ve yaptıkları incelemelerde dondurmaların kurumadde miktarlarının %32.8 ile 38.6 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Koçan ve Koçak (2002) farklı oranlarda emülgatör kullanılmasının

dondurmanın nitelikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, üretilen dondurmaların kurumadde miktarlarının %32.55 ile 32.63 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda üretilen dondurma örneklerinin kurumadde değerlerinin, yukarıda bahsi geçen konusu araştırmalarda üretilen dondurma örneklerinin kurumadde değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiş ve bu durumun dondurma üretimlerinde kullanılan formülasyon farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.11. Dondurma örneklerine ait ortalama kurumadde miktarı (%), kül miktarı (%), yağ miktarı (%), pH değeri, titrasyon asitliği değeri (%laktik asit), protein miktarı (%) ve toplam şeker miktarı (%)

Örnek Çeşidi	Kurumadde miktarı (%)	Kül miktarı (%)	Yağ miktarı (%)	pH değeri	Titrasyon asitliği değeri (%laktik asit)	Protein miktarı (%)	Toplam şeker miktarı (%)
A	28.79±0.27	0.84±0.03	3.0±0.0	6.47±0.01	0.19±0.01	4.25±0.14	20.70±0.15
B	28.00±0.01	0.78±0.03	3.0±0.0	6.47±0.00	0.18±0.00	4.12±0.12	20.10±0.13
C	28.41±0.25	0.79±0.05	3.0±0.0	6.38±0.02	0.18±0.00	4.18±0.04	20.44±0.33
D	28.55±0.44	0.81±0.01	3.0±0.0	6.35±0.01	0.17±0.00	4.05±0.40	20.68±0.83
E	28.52±0.15	0.82±0.04	3.0±0.0	6.34±0.00	0.18±0.00	4.21±0.05	20.49±0.17
F	28.66±0.40	0.82±0.02	3.0±0.0	6.31±0.01	0.18±0.00	4.21±0.01	20.63±0.44
G	28.57±0.28	0.82±0.02	3.0±0.0	6.32±0.01	0.17±0.01	4.36±0.13	20.39±0.43
H	28.16±0.03	0.78±0.04	3.0±0.0	6.31±0.01	0.17±0.00	4.03±0.06	20.36±0.05
I	28.23±0.05	0.81±0.00	3.0±0.0	6.29±0.01	0.18±0.00	4.21±0.14	20.22±0.09
J	28.76±0.12	0.83±0.02	3.0±0.0	6.28±0.00	0.19±0.00	4.35±0.00	20.58±0.14
K	28.11±0.02	0.82±0.02	3.0±0.0	6.16±0.01	0.21±0.01	4.30±0.02	19.99±0.05
L	28.68±0.05	0.84±0.03	3.0±0.0	6.20±0.00	0.20±0.01	4.22±0.12	20.62±0.21
M	28.91±0.12	0.83±0.03	3.0±0.0	6.16±0.00	0.21±0.00	4.34±0.17	20.74±0.26

Dondurma örneklerinin kül değerlerinin %0.78 ile 0.84 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Yeşilsu (2006) tarafından yapılan dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal nitelikleri üzerine bazı pekmez çeşitlerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada, dondurma örneklerinin kül miktarlarının %0.76 ve 1.02 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmamız üretilen dondurma örneklerinin kül miktarları ile ilgili sonuçların, yukarıda belirtilen çalışmadaki dondurma örneklerine ait kül miktarları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Yeşilsu (2006) tarafından yapılan çalışmada dondurma örneklerinin yağ miktarlarının %4.8 ile 9.6 arasında olduğu belirtilmiştir. Koçan ve Koçak (2002)'nin yapmış oldukları çalışmada dondurmaların yağ miktarlarının %4.2 ile 4.3 olduğunu tespit edilmiştir. Aime vd. (2001) çalışmalarında dondurmaların %0.5 ile 9.4 arasında değişen oranlarda yağ içerdiklerini bulmuşlardır. Kır (2007) tarafından yapılan farklı tip yağ kullanımının dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, dondurma örneklerinin yağ miktarlarının %3.1 ile 9.0 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çalışmamızdaki dondurma örneklerine ait yağ miktarları konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarla benzerlik gösterirken, bazıları ile uyumsuz olmuş ve dondurma örneklerinin yağ miktarları konusundaki söz konusu uyumsuzlukların dondurma üretimlerinde kullanılan formülasyon farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Ergin (2013) farklı sıcaklık-süre kombinasyonlarında ısı stresi maruz bırakılan *L. acidophilus*'un dondurma üretiminde kullanımının araştırılması ile ilgili yaptığı çalışmada dondurma örneklerinin protein miktarlarının %3.69 ile 4.01 ve toplam şeker miktarının ise %19.65 ile 22.29 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Yeşilsu (2006) tarafından yapılan çalışmada, dondurmaların protein miktarlarının %3.35 ile 4.01 ve toplam şeker miktarının ise %15.70 ile 22.39 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Öztürk (1969), Ankara'da üretilen sade dondurmalar üzerine yaptığı çalışmada, dondurma örneklerinin toplam şeker miktarının %15.30 ile 27.37 arasında olduğunu belirlemiştir. Aynı çalışmada dondurma örneklerinin protein miktarının %4.03 ile %4.36, toplam şeker miktarının ise %19.99 ile %20.74 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki dondurma örneklerine ait toplam şeker ve protein miktarlarının literatürde belirtilen çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11'de görüleceği üzere dondurma örneklerinin pH değerlerinin 6.16 ile 6.47, titrasyon asitliği değerlerinin ise %0.17 ile %0.21 arasında değiştiği belirlenmiştir. Aşçı-Arslan vd. (2016) *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356'nın üç farklı yöntem ile dondurma üretiminde kullanılması ile ilgili yaptıkları bir çalışmada; dondurma örneklerinin pH değerini 5.59 ile 7.02 arasında tespit ederlerken, titrasyon asitliği değerlerini %0.17 ile %0.39 arasında saptamışlardır. Çalışmamız sonucunda elde edilen sonuçların, bahsi geçen çalışmayla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

4.1.5. Dondurma örneklerine ait hacim artışı (over-run) değerleri

Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin hacim artışı değerlerinin %21.2 ile 69.9 arasında değiştiği, kontrol örneğinin diğer örneklerle göre daha yüksek hacim artışı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Dondurma örneklerine ait ortalama hacim artışı değerleri (%)

Örnek Çeşidi	Hacim artışı değeri (%)		
	Depolama zamanı		
	1. gün	45.gün	90.gün
A	67.8±2.5	67.6±1.0	69.9±8.1
B	52.3±9.9	61.5±7.6	48.3±3.2
C	55.8±5.4	67.8±0.2	53.5±8.8
D	50.0±6.2	63.4±4.1	44.1±2.7
E	39.6±4.2	44.8±2.4	36.7±4.0
F	35.2±4.3	43.0±1.0	21.2±0.2
G	32.8±2.0	48.8±5.3	30.8±6.7
H	33.0±2.6	38.6±2.1	34.6±17.0
I	21.8±6.1	38.3±2.2	30.7±0.8
J	26.4±0.6	35.2±1.2	27.6±1.6
K	24.3±2.5	35.6±8.7	23.5±4.5
L	25.3±0.8	40.0±1.5	24.1±1.8
M	33.4±4.4	39.7±2.8	33.4±7.5

Dondurmanın hava içeriği hacim artışıyla ölçülmektedir. Dondurmadaki hava, mikroskopik kabarcıklar veya hücreler biçiminde olup, ürün kalitesi ve stabilitesi açısından bu hava kabarcıklarının dondurma üretimi sırasında homojen olarak dağılması ve stabil hale getirilmesi gerekmektedir (Goff ve Hartel 2013). Tekinşen ve Tekinşen (2008), yüksek kaliteli dondurma üretimi için hacim artışı değerinin %15'den az %50'den fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre depolama boyunca kontrol örneğinin, 40°C'de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin, 50°C'de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin hacim artışı değerleri ve 60°C'de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin 45. gününde ölçülen hacim artışı değeri dışında diğer tüm örneklerin hacim artışı değerlerinin literatürde belirtilen hacim artışı değerleri aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen hacim artışı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncının, dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Bunun yanı sıra, dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine homojenizasyon işlemi sıcaklığının etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Diğer bir ana varyasyon kaynağı olan depolama süresinin dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı interaksiyonunun dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine etkisi $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hacim artışı değeri (%)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	2287.409550	81.68***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	10.908154	0.39
Depolama zamanı (D)	2	1071.091279	38.25***
HB x HS	6	97.382999	3.48**
HB x D	6	40.468029	1.45
HS x D	4	18.792258	0.67
HB x HS x D	12	20.375494	0.73
Hata	36	28.00422	

** $P<0.01$ *** $P<0.001$

Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça, tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulamalarında dondurma örneklerinin hacim artışı

değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. En yüksek hacim artışı değerine ise tek kademeli 15 MPa homojenizasyon basıncı uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerin hacim artışı değerleri depolama zamanı açısından incelendiğinde, en yüksek hacim artışı değerlerine depolamanın 45. günü ulaşıldığı tespit edilmiş olup, 1. gün ve 90. gün örneklerine ait hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı saptanmıştır.

Dondurma karışımının protein içeriğini arttırmanın, dondurmanın yağ dengesizliği ve erime özellikleri üzerine etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada, hazırlanmasında farklı protein kaynaklarının kullanıldığı dondurma karışımlarına 58°C’de ve 17.2/3.4 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Dondurma karışımlarının dondurmaya işlenmesi sonrası dondurma örneklerindeki hacim artışı değerlerinin %27.3 ile 38.6 arasında değiştiği belirtilmiştir. Araştırmacılar farklı protein kaynaklarının dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerini etkilemediğini belirtmişlerdir (Daw ve Hartel 2015). Daw ve Hartel (2015) tarafından yapılan çalışma ile çalışmamızın dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri açısından uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Hacim artışı değeri (%)
15	55.2±8.7 a*
50	37.0±8.6 b
15/3	31.8±7.1 c
50/10	31.0±7.4 c
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	39.4±11.9 a
50	38.1±14.8 a
60	38.8±11.1 a
Depolama zamanı (gün)	
1	35.8±11.7 b
45	46.4±11.6 a
90	34.0±11.0 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Açu (2014), fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş dondurma üretimi üzerine yaptığı çalışmada, frambuaz meyvesinden elde edilen sosun fermente mikse eklenmesiyle üretilen dondurma örneğinin depolamanın 1. , 30. , 60. , 90. ve 120. günlerinde ölçülen hacim artışı değerlerini sırasıyla, %26.43, %36.32, %25.36, %27.34 ve %35.02 olarak tespit etmiştir. Çalışmada 1. ,60. ve 90. günlerin örneklerine ait hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı saptanmıştır. Depolamanın 30. ve 120. günlerinde ise hacim artışı değerinde artış olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda da bahsi geçen çalışmadaki duruma benzer şekilde dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri depolamanın 45. gününde artmış 1. gün ve

90. gün örneklerine ait hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir.

Willims ve Leighton (1932), farklı basınç ve sıcaklık değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurmaların hacim artışı değerlerini inceledikleri çalışmalarında; %20, %25 ve %30 oranında yağ içeren her bir dondurma karışımını 5 kısma ayırmışlardır. Araştırmacılar birinci kısma homojenizasyon işlemi uygulamamışlardır. İkinci kısma pastörizasyon sıcaklığı olan 62.7°C'de 6.89 MPa basınçta, üçüncü kısma 62.7°C'de 20.68 MPa basınçta, dördüncü kısma pastörizasyon sonrası 53.3°C'ye soğuttuktan sonra 20.68 MPa basınçta ve beşinci kısma pastörizasyon sonrası 43.3°C'ye soğuttuktan sonra 20.68 MPa basınçta homojenizasyon işlemi uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre dondurma örneklerindeki hacim artışı değerleri üzerine dondurma karışımına uygulanan homojenizasyon işleminin sıcaklığının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek hacim artışı değerinin 43.3°C'de 20.68 MPa basınçta homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin sahip olduğu saptanmıştır. Çalışmamız sonucunda elde edilen veriler, Willims ve Leighton (1932)'nin yapmış oldukları çalışmaya ait sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

Dondurmanın fiziksel ve yapısal özellikleri üzerine homojenizasyon işlem basıncının etkisinin incelendiği bir çalışmada; farklı yağ içeriğinde (%5.0 ve %8.0) hazırlanan dondurma karışımlarına farklı basınç değerlerinde (15/3 MPa ve 97/3 MPa) homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra elde edilen dondurmaların hacim artışı değerleri incelenmiş ve hem %5 hem de %8 yağ içeriğine sahip örneklerde en yüksek hacim artışı değerlerinin 15/3 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır. Yağ içeriğinin hacim artışını etkilemediği değerlendirilen çalışmada, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerinde azalma olduğu belirtilmiştir (Biasutti vd. 2013). Çalışmamız sonucunda elde edilen veriler, bahsi geçen çalışma ile uyum göstermiştir.

Kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım olanakları üzerine yapılan bir araştırmada, farklı oranlarda soya sütü ve inek sütü kullanılarak hazırlanan ve kefir kültürü aşılanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin 1. , 30. , 60. ve 90. günlerinde ölçülen hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Çalışmada örnekler arasındaki farklılıkların ise sadece depolamanın başlangıcında ve sonunda $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Kesenkaş vd. 2012).

Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine, homojenizasyon işlemi uygulanmadan hazırlanan dondurma karışımından üretilen kontrol dondurma örneği de dahil edilerek yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda; ana varyasyon kaynakları olan ürün çeşidi ve depolama zamanının tüm dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerinde $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15). Ayrıca ürün çeşidi x depolama zamanı interaksiyonunun örneklerin hacim artışı değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Kontrol dondurma örneğinin de içinde yer aldığı tüm dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerine ait

ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, dondurma örneklerinde en yüksek hacim artışı değeri depolamanın 45. gününde tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerinin ilk 45 günlük depolama periyodunda artış gösterdiği, depolamanın 45. günü ile 90. günü dikkate alındığında ise azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.15. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hacim artışı değeri (%)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	1028.54422	37.10***
Depolama	2	968.54597	34.93***
Depolama × Ürün Çeşidi	24	32.24774	1.16
Hata	39	27.72608	

***P<0.001

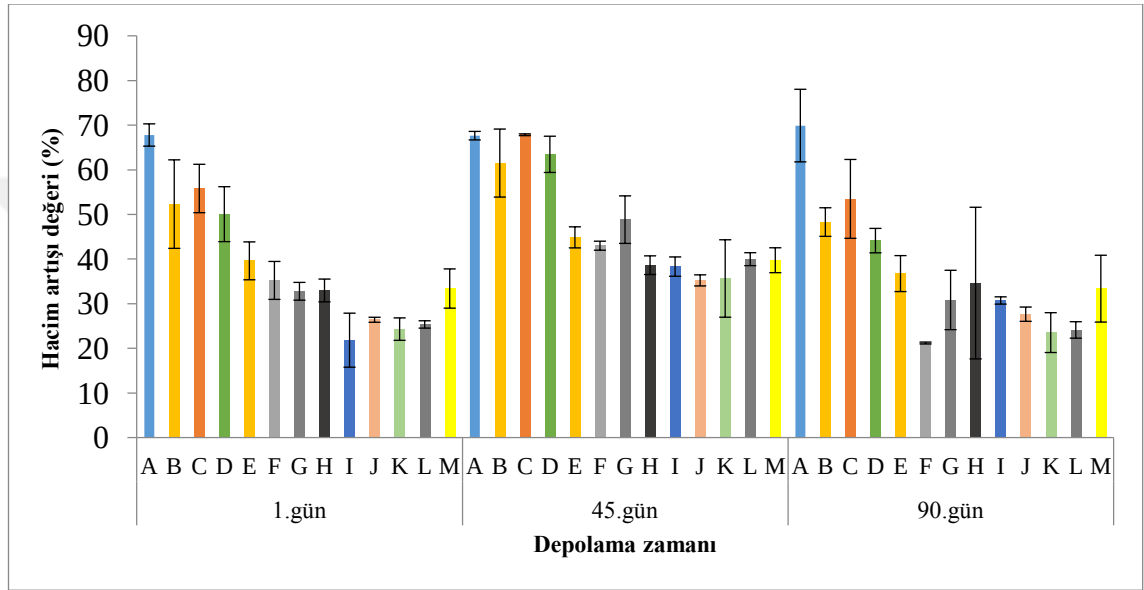
Çizelge 4.16. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin % hacim artışı değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Ürün çeşidi	Hacim artışı değeri (%)
A	68.4±4.0 a*
B	54.0±8.4 bc
C	59.0±8.3 b
D	52.5±9.5 c
E	40.4±4.6 d
F	33.1±10.1 efg
G	37.5±9.7 de
H	35.4±8.2 def
I	30.3±7.9 fg
J	29.8±4.4 fg
K	27.8±7.6 g
L	29.8±8.0 fg
M	35.5±5.2 def
Depolama zamanı (gün)	
1	38.3±14.2 b
45	48.0±12.6 a
90	36.8±14.5 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.16 incelendiğinde, dondurma örnekleri arasında en yüksek hacim artışı değerine (%68.4) kontrol dondurma örneğinin sahip olduğu, en düşük hacim artışı değerinin (%27.8) ise 40°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneğinde bulunduğu; ancak bu örneğin hacim artışı değeri ile 50°C’de tek kademeli

olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen, 50°C’de çift kademeli olarak 15/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen, 60°C’de çift kademeli olarak 15/3 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen ve 50°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama hacim artışı değerlerindeki değişim Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama hacim artışı değerlerindeki (%) değişim

4.1.6. Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri

Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere dondurma örneklerine ait sertlik değerleri 4.2 N ile 21.5 N arasında değişmiştir. Sertlik açısından en düşük değeri, depolamanın birinci gününde kontrol örneği alırken, en yüksek sertlik değerine depolamanın 90. gününde 40°C’de 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Tosaki vd. (2009)’nin yüksek yağ içeriğine sahip dondurma karışımlarına farklı basınç değerlerinde uygulanan homojenizasyon işleminin, dondurma karışımlarına ve bu karışımlardan elde edilen dondurmaların fiziksel özelliklerine olan etkisinin incelendikleri bir çalışmada; dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminde uygulanan basınç değeri arttıkça bu karışımlardan elde edilen dondurmaların sertlik değerlerinin arttığı dolayısıyla, düzenli yağ dağılımı sağlanarak daha kararlı bir yapı oluştuğunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada ayrıca homojenizasyon işlemi uygulanmamış dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin, buz kristal

boyutunun homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine göre daha büyük olduğu ve homojenizasyon işlemi uygulanmamış dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin buz kristal boyutunun depolama süresince arttığı tespit edilmiştir. Yağ globüllerinin daha büyük olması ve düzensiz dağılmalarının daha büyük buz kristallerinin oluşmasına ve dolayısıyla daha hızlı erimeyle birlikte dondurma örneklerinde daha düşük sertlik değerlerine (yaklaşık 8 N) sebep olduğu belirtilmiştir. Söz konusu çalışmadaki kontrol örneğine ait sertlik değerlerinin çalışmamız sonucunda elde edilen veriler ile benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 4.17. Dondurma örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (N)

Örnek Çeşidi	Sertlik değeri (N)		
	Depolama Zamanı		
	1. gün	45.gün	90.gün
A	4.2±0.1	4.6±0.1	9.9±0.3
B	9.4±1.4	13.3±0.0	19.5±1.6
C	9.7±0.6	13.4±0.5	17.3±0.5
D	5.5±0.1	10.4±0.8	11.7±1.9
E	7.0±0.5	13.4±0.1	17.3±0.3
F	6.4±0.5	15.4±1.4	16.8±0.4
G	9.5±1.0	13.6±1.2	17.1±0.2
H	7.5±0.6	11.7±1.0	15.7±0.7
I	5.7±0.2	12.1±0.6	16.3±0.5
J	4.9±0.6	8.9±0.2	15.7±0.7
K	6.6±0.9	10.5±0.4	21.5±1.8
L	7.1±0.2	10.2±0.2	17.9±0.3
M	5.9±0.3	7.1±0.1	19.7±0.7

Dondurma örneklerinin ortalama sertlik değerleri üzerine istatistiksel olarak homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu analize ait sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde; homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının dondurma örneklerinin sertlik değerleri üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmeler sonucunda; homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı, homojenizasyon basıncı x depolama zamanı ve homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı x depolama zamanı interaksiyonlarının dondurma örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca homojenizasyon sıcaklığı x depolama zamanı interaksiyonunun dondurma örneklerinin sertlik değerleri üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır.

Dondurma örneklerinin sertlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama sertlik değerlerine (N) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Sertlik değeri (N)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	12.338854	19.61***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	25.218385	40.09***
Depolama zamanı (D)	2	614.293735	976.44***
HB x HS	6	9.911166	15.75***
HB x D	6	18.702683	29.73***
HS x D	4	3.491172	5.55**
HB x HS x D	12	3.241437	5.15***
Hata	36	0.629114	

P<0.01 *P<0.001

Çizelge 4.19. Dondurma örneklerinin sertlik değerlerine (N) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Sertlik değeri (N)
15	12.3±4.2 b*
50	12.9±4.2 a
15/3	10.9±4.3 c
50/10	11.8±6.0 b
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	12.8±4.9 a
50	12.3±4.4 a
60	10.8±4.8 b
Depolama zamanı (gün)	
1	7.1±1.7 c
45	11.7±2.3 b
90	17.2±2.5 a

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.19 incelendiğinde, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem sıcaklığı arttıkça bu karışımlardan elde edilen dondurmaların sertlik değerlerinde azalma olduğu, depolama süresi boyunca ise dondurma örneklerinin sertlik değerlerinde artma olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin hem tek kademeli hem de çift kademeli homojenizasyon basıncı uygulamalarında sertlik değerlerinin kendi içinde arttığı, en yüksek sertlik değerine 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin, en düşük sertlik değerine ise 15/3 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin ve kontrol dondurma örneğinin ortalama sertlik değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin ve depolama

zamanının etkili olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu analize ait sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelge 4.20 incelendiğinde; ürün çeşidi, depolama zamanı ve ürün çeşidi x depolama zamanı interaksyonunun dondurma örneklerinin sertlik değerleri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen ortalama sertlik değerlerine (N) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Sertlik değeri (N)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	27.557576	47.31***
Depolama	2	623.004662	1069.62***
Depolama × Ürün Çeşidi	24	7.811684	13.41***
Hata	39	0.582455	

*** $P < 0.001$

Dondurma örneklerinin ve kontrol dondurma örneğinin sertlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin sertlik değerlerine (N) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Ürün çeşidi	Sertlik değeri (N)
A	6.2±2.8 f*
B	14.1±4. 7 a
C	13.5±3.4 ab
D	9.2±3.1 e
E	12.6±4.7 bc
F	12.8±5.1 b
G	13.4±3.5 ab
H	11.7±3.7 cd
I	11.4±4.8 d
J	9.8±4.9 e
K	12.8±7.0 b
L	11.7±5.0 cd
M	10.9±6.8 d
Depolama zamanı (gün)	
1	6.87±1.8 c
45	11.12±3.0 b
90	16.63±3.1 a

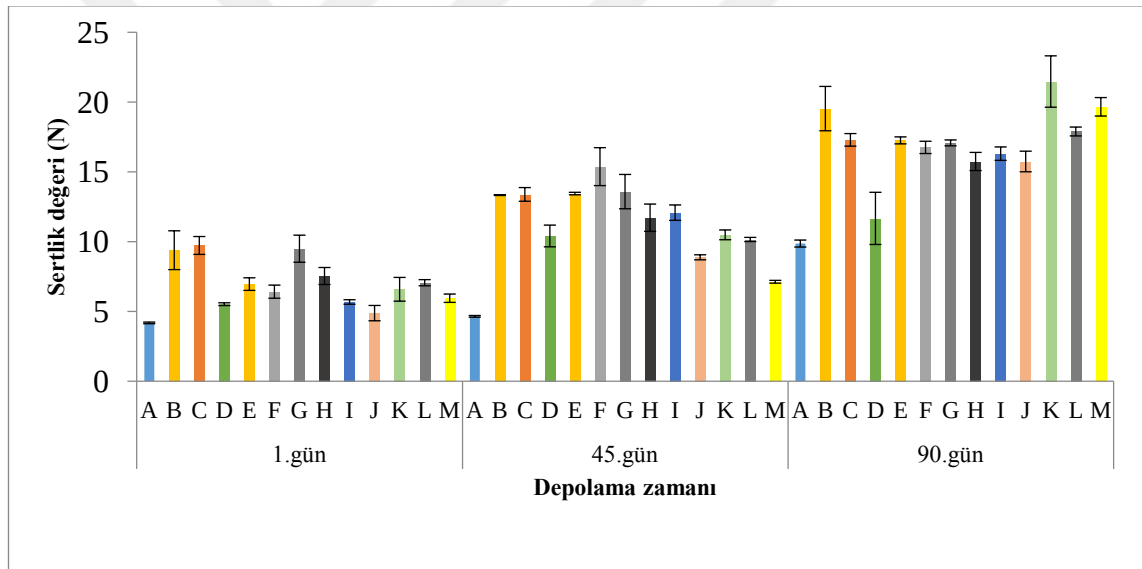
* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Çizelge 4.21 incelendiğinde, sertlik değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre,

en yüksek ortalama sertlik değeri depolamanın 90. gününde tespit edilmiştir. Depolama süresince örnekler için ortalama sertlik değerleri artış göstermiş ve dondurma örneklerindeki en düşük sertlik değeri depolamanın 1. gününde belirlenmiştir. Çizelge 4.21 incelendiğinde, dondurma örnekleri arasında en yüksek sertlik değerine (14.1 N) 40°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin sahip olduğu, en düşük sertlik değerine (6.2 N) ise kontrol dondurma örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir.

Soukoulis vd. (2008) hidrokolloidlerin vanilyalı dondurma karışımlarının ve dondurma örneklerinin reolojik, fiziksel ve duyuşsal karakteristikleri üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada, dondurmaların sertlik değerlerinin depolama süresince arttığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda da bahsi geçen çalışmadaki duruma benzer şekilde dondurma örneklerinin sertlik değerleri 90 günlük depolama süresince artmıştır.

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama sertlik değerlerindeki (N) değişim Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama sertlik değerlerindeki (N) değişim

4.1.7. Dondurma örneklerine ait erime miktarları

10. dakikadan 60. dakikaya kadar her 10 dakikada bir ölçülen dondurma örneklerinin erime miktarları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Dondurma örneklerinde depolamanın 1. gününde 60. dakikada ölçülen erime miktarları 31.07-46.97 g arasında değişim gösterirken, depolamanın 90. gününde 60. dakikada ölçülen erime miktarları ise 29.11-53.88 g arasında değişmiştir.

Yapılan çalışmada depolamanın 1. günü 60. dakikada ölçülen erime miktarları incelendiğinde, homojenizasyon işlemi uygulanmadan elde edilen dondurma karışımından üretilen kontrol dondurma örneğinin en az erime direnci gösteren örnek

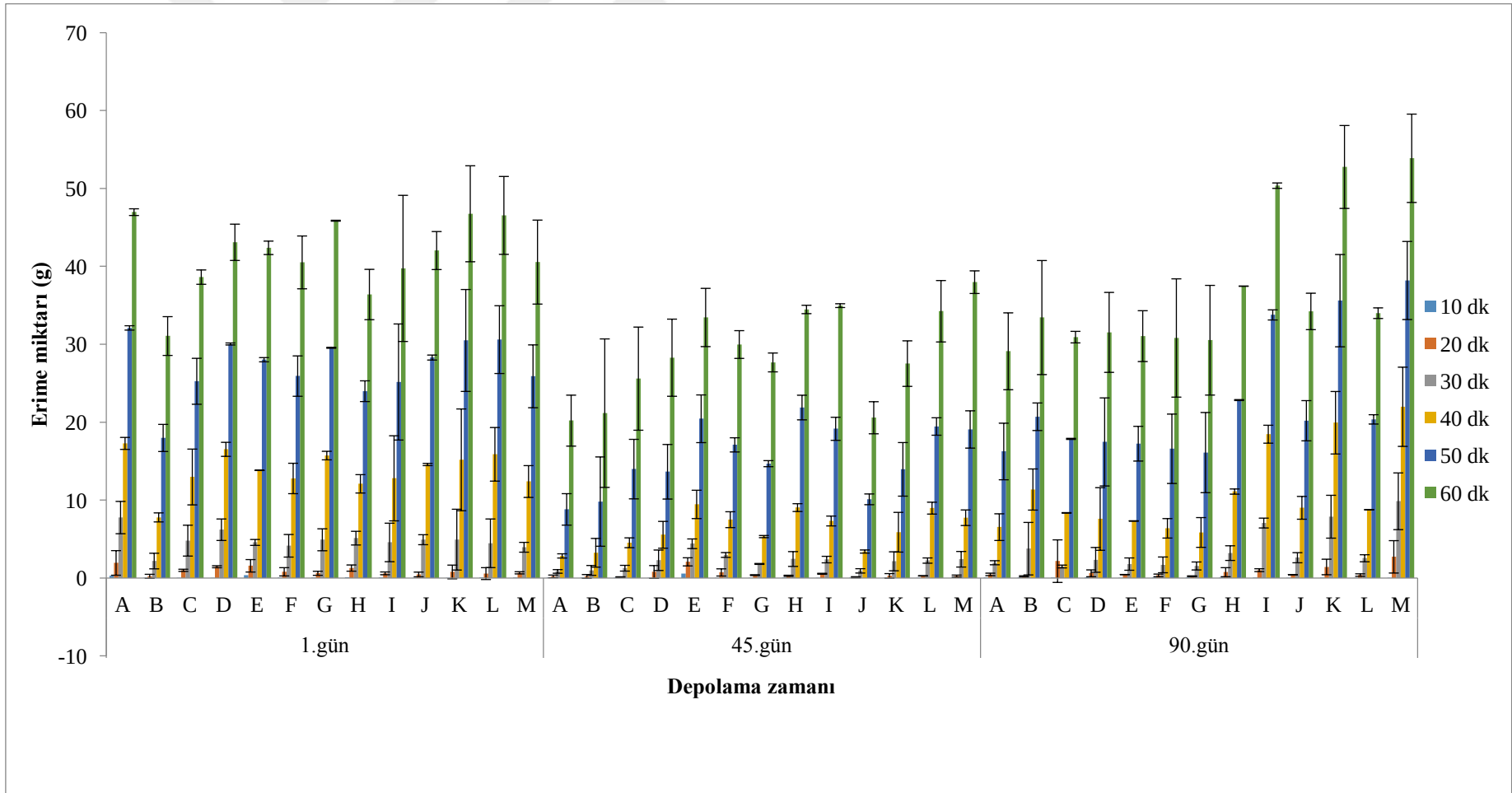
olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Huppertz vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, dondurma karışımlarına yüksek basınç değerlerinde (>200 MPa) uygulanan homojenizasyon işleminin dondurmanın fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada homojenizasyon işlemi uygulanmadan elde edilen dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin erime direncinin, homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin dondurmada yağ globülleri ile kazein misellerinin küçük parçalara ayrılarak dispersiyon özelliklerinin gelişmesi, yağ globül-kazein kompleksinin oluşması, kazein misellerinin lipofilik özelliğe sahip olan alt misellerinin parçalanması ve kazeinin kalsiyuma bağlı agregasyonu sonucu ortaya çıktığı değerlendirilmiştir. Huppertz vd. (2011) tarafından yapılan çalışmadaki dondurma örneklerine ait erime sonuçlarının, çalışmamız sonucunda elde edilen veriler ile benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Dondurmanın fiziksel ve yapısal özellikleri üzerine homojenizasyon işlem basıncının etkisinin incelendiği başka bir çalışmada; farklı miktarlarda (%5.0 ve %8.0) yağ içeren dondurma karışımlarına çift kademeli olarak 15/3 MPa ve 97/3 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Yağ miktarı %8.0 olan ve yüksek homojenizasyon işlem basıncı (97/3 MPa) uygulanan dondurma karışımından elde edilen dondurma örneklerinin en düşük erime direnci değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Biasutti vd. 2013). Çalışmamızda 40°C ve 50°C’de 15/3 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin, 40 ve 50°C’de çift kademe 50/10 MPa basınç değerinde homojenize edilerek elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine göre erime dirençlerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Dondurma örneklerinin erime miktarları ile ilgili olarak çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin, yukarıda bahsi geçen çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Muse ve Hartel (2004), dondurmanın erime miktarı ve sertlik değeri üzerine dondurma bileşenlerinin etkisini inceledikleri bir çalışmada, daha düşük seviyelerde destabilize yağ içeren dondurmaların erime hızlarının daha yüksek olduğunu ve erime sırasında şeklini iyi koruyamadıklarını belirtmişlerdir. Herald vd. (2002) ise vanilyalı dondurmada 60 dakikalık süre içerisinde eriyen dondurma miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmamız sonucunda dondurma örneklerinin erime miktarlarına ait sonuçlar kullanılarak hazırlanan Şekil 4.5’de görüleceği üzere tüm dondurma örneklerinde 60 dakikalık süre içerisinde eriyen dondurma miktarlarının arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.22. Dondurma örneklerine ait ortalama erime miktarları (g)

Örnek Çeşidi	Depolama (gün)	Erime miktarları (g)					
		10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk
A	1	0.30±0.39	1.95±1.58	7.77±2.07	17.29±0.77	32.11±0.28	46.97±0.43
	45	0.05±0.00	0.22±0.17	0.86±0.23	2.85±0.27	8.82±2.02	20.21±3.27
	90	0.06±0.00	0.48±0.16	1.97±0.26	6.54±1.71	16.25±3.63	29.11±4.93
B	1	0.04±0.01	0.23±0.26	2.19±1.00	7.79±0.58	17.99±1.74	31.07±2.49
	45	0.05±0.00	0.22±0.24	0.99±0.63	3.25±1.84	9.82±5.73	21.17±9.53
	90	0.05±0.01	0.22±0.08	3.78±3.37	11.37±2.64	20.71±1.77	33.44±7.32
C	1	0.04±0.02	1.00±0.14	4.81±1.98	12.98±3.58	25.26±2.95	38.63±0.92
	45	0.05±0.01	0.12±0.05	1.27±0.37	4.54±0.63	13.99±3.82	25.60±6.62
	90	0.05±0.01	2.18±2.73	1.49±0.18	8.38±0.03	17.87±0.07	30.93±0.74
D	1	0.04±0.02	1.46±0.13	6.21±1.38	16.53±0.90	30.05±0.13	43.10±2.33
	45	0.04±0.00	0.79±0.82	2.29±1.31	5.56±1.72	13.65±3.50	28.29±4.95
	90	0.11±0.09	0.62±0.44	2.34±1.59	7.59±4.02	17.48±5.65	31.54±5.13
E	1	0.38±0.48	1.58±0.80	4.58±0.38	13.83±0.02	28.03±0.27	42.39±0.86
	45	0.57±0.25	2.09±0.52	4.41±0.62	9.46±1.82	20.45±3.06	33.45±3.74
	90	0.04±0.00	0.46±0.01	1.80±0.79	7.33±0.03	17.25±2.23	31.06±3.26
F	1	0.07±0.00	0.81±0.53	4.15±1.45	12.79±1.95	25.93±2.59	40.52±3.39
	45	0.03±0.03	0.73±0.46	2.97±0.31	7.50±1.02	17.10±0.91	29.98±1.78
	90	0.05±0.00	0.35±0.17	1.70±1.01	6.39±1.25	16.60±4.45	30.82±7.59
G	1	0.05±0.01	0.62±0.26	4.92±1.41	15.73±0.55	29.56±0.06	45.87±0.06
	45	0.04±0.00	0.38±0.05	1.82±0.06	5.33±0.14	14.69±0.39	27.68±1.21
	90	0.06±0.02	0.24±0.05	1.56±0.51	5.86±1.91	16.11±5.14	30.53±7.04
H	1	0.08±0.08	1.29±0.40	5.13±0.88	12.10±1.18	23.99±1.33	36.40±3.23
	45	0.05±0.01	0.30±0.07	2.45±0.95	9.05±0.50	21.89±1.58	34.48±0.54
	90	0.07±0.00	0.76±0.58	3.21±0.94	11.11±0.33	22.85±0.06	37.47±0.02
I	1	0.05±0.01	0.61±0.18	4.58±2.47	12.81±5.46	25.17±7.45	39.75±9.38
	45	0.04±0.00	0.56±0.06	2.38±0.42	7.33±0.63	19.16±1.48	34.97±0.24
	90	0.05±0.00	1.02±0.18	7.07±0.63	18.47±1.15	33.78±0.65	50.37±0.35
J	1	0.04±0.00	0.47±0.30	4.93±0.64	14.58±0.14	28.31±0.32	42.04±2.44
	45	0.05±0.01	0.11±0.07	0.93±0.28	3.41±0.20	10.11±0.69	20.58±2.06
	90	0.03±0.01	0.45±0.01	2.62±0.65	9.02±1.46	20.20±2.58	34.23±2.34
K	1	0.03±0.02	0.79±0.88	4.94±3.90	15.18±6.53	30.50±6.54	46.76±6.16
	45	0.04±0.00	0.29±0.29	2.16±1.22	5.89±2.55	13.96±3.44	27.53±2.92
	90	0.07±0.05	1.43±1.00	7.88±2.75	19.94±4.01	35.61±5.92	52.77±5.32
L	1	0.07±0.04	0.58±0.76	4.47±3.12	15.89±3.44	30.61±4.35	46.55±5.00
	45	0.04±0.01	0.29±0.02	2.25±0.34	8.98±0.76	19.46±1.12	34.25±3.94
	90	0.04±0.01	0.39±0.16	2.55±0.45	8.78±0.03	20.37±0.60	34.00±0.68
M	1	0.05±0.01	0.68±0.14	3.96±0.63	12.40±2.04	25.90±4.03	40.56±5.39
	45	0.04±0.00	0.26±0.13	2.42±1.00	7.75±1.00	19.08±2.39	37.98±1.45
	90	0.04±0.00	2.73±2.08	9.86±3.64	21.99±5.08	38.20±5.01	53.88±5.67



Şekil 4.5. Dondurma örneklerinin depolama boyunca ortalama erime miktarlarındaki (g) değişim

Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen erime miktarı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncının, dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine etkisinin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Bunun yanı sıra, dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine homojenizasyon işlemi sıcaklığının etkisi önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Diğer bir ana varyasyon kaynağı olan depolama süresinin dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine etkisinin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı ve homojenizasyon basıncı x depolama zamanı interaksiyonlarının dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine etkisi $P < 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı x depolama zamanı interaksiyonunun dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine etkisinin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.23. Dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Erime miktarı değeri (g)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	319.832144	16.58***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	3.859835	0.20
Depolama zamanı (D)	2	828.120101	42.92***
HB x HS	6	79.913729	4.14**
HB x D	6	79.913729	4.13**
HS x D	4	24.210160	1.25
HB x HS x D	12	78.136237	4.05***
Hata	36	19.295058	

P < 0.01 *P < 0.001

Homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin erime miktarı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Çizelge 24 incelendiğinde, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça, hem tek kademeli hem de çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulamalarında dondurma örneklerinin erime miktarı değerlerinde kendi içinde artma olduğu tespit edilmiştir. En yüksek erime miktarı değerine çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin sahip olduğu, en düşük erime miktarı değerine ise tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin erime miktarı değerleri depolama zamanı açısından incelendiğinde, en yüksek erime miktarı değeri depolamanın 1. gününde tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin erime miktarı değerlerinin ilk 45 günlük depolama periyodunda azalış gösterdiği, depolamanın 45. günü ile 90. günü dikkate alındığında ise arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarı değerlerine (g) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Erime miktarı değeri (g)
15	31.53±7.42 c *
50	34.70±6.95 b
15/3	36.70±8.09 b
50/10	41.59±9.33 a
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	35.67±8.97 a
50	36.36±7.72 a
60	36.36±9.51 a
Depolama zamanı (gün)	
1	41.14±5.38 a
45	29.66±6.20 c
90	37.59±9.56 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Dondurma örneklerinin ve kontrol dondurma örneğinin ortalama erime miktarı değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin ve depolama zamanının etkili olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu analize ait sonuçlar Çizelge 4.25 'de verilmiştir. Çizelge 4.25 incelendiğinde; ürün çeşidi, depolama zamanı ve ürün çeşidi x depolama zamanı interaksiyonlarının dondurma örneklerinin erime miktarı değerleri üzerine P<0.001 düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.25. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinde depolama süresince 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Erime miktarı değeri (g)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	128.049874	6.84***
Depolama	2	1064.404001	56.88***
Depolama × Ürün Çeşidi	24	74.297135	3.97***
Hata	39	18.712072	

***P <0.001

Kontrol dondurma örneğinin de içinde yer aldığı tüm dondurma örneklerinin erime miktarı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.26 'da verilmiştir. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, dondurma örneklerinde en yüksek erime miktarı değeri depolamanın 1. gününde tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin erime miktarı değerlerinin ilk 45 günlük depolama periyodunda azalış gösterdiği, depolamanın 45. günü ile 90. günü dikkate alındığında ise arttığı saptanmıştır. Çizelge 4.26 incelendiğinde, dondurma örnekleri arasında en yüksek erime miktarı değerine (44.14 g)

60°C’de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu, en düşük erime miktarı değerine (28.56 g) ise 40°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.26. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin 60. dakikada belirlenen ortalama erime miktarı değerlerine (g) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Ürün çeşidi	Erime miktarı değeri (g)
A	32.10±12.47 de*
B	28.56±8.00 e
C	31.72±6.59 de
D	34.31±7.73 cd
E	35.64±5.80 cd
F	33.78±6.47 cde
G	34.69±9.32 cd
H	36.12±2.00 cd
I	41.70±8.20 ab
J	32.29±9.88 de
K	42.35±12.41 ab
L	38.27±7.02 bc
M	44.14±8.42 a
Depolama zamanı (gün)	
1	41.59±5.40 a
45	28.94±6.51 c
90	36.94±9.51 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Koxholt vd. (2001), dondurmanın erime oranı üzerine yağ globüllerinin etkisini inceledikleri bir çalışmada, dondurma karışımlarını çift kademeli olarak 5/1, 10/2, 17/4, 20.5/5 ve 30/6 MPa basınç değerlerinde ve tek kademeli olarak 5, 10, 17, 20.5 ve 30 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda hem tek kademeli hem de çift kademeli olarak yapılan homojenizasyon işlemlerinde, homojenizasyon basıncı arttıkça yağ globül boyutlarının azaldığı belirlenmiştir. Dondurma örnekleri arasında 30/6 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin en hızlı eriyen örnek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada; yağ globül çapı, kritik yağ globülü çapının ($D_{50,3} \approx 0.85$ mm) altında olan dondurmaların daha hızlı eridiği tespit edilmiştir. Çalışmamızda depolama boyunca 60. dakikada ölçülen erime miktarları incelendiğinde, 60°C’de 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin en hızlı eriyen dondurma örneği olduğu saptanmıştır. 60. dakikada erime miktarı 44.14 g olan dondurma örneğinin (Çizelge 4.26) bahsi geçen çalışmada belirtildiği üzere kritik yağ globülü çapının altında yağ globül çapına sahip olabileceği değerlendirilmiştir.

4.1.8. Dondurma örneklerine ait ilk damlama ve tamamen erime süreleri

Dondurma örneklerine ait ortalama ilk damlama ve tamamen erime süreleri (dk) Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelge 4.27’de görüleceği üzere depolama boyunca dondurma örneklerindeki ilk damlama sürelerinin ortalama olarak 4 ile 21 dakika arasında, tamamen erime sürelerinin ise ortalama olarak 112 ile 160 dakika arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Dondurma örneklerine ait ortalama ilk damlama ve tamamen erime süreleri (dk)

Örnek Çeşidi	İlk Damlama Süresi (dk)			Tamamen Erime Süresi (dk)		
	1. gün	45. gün	90. gün	1. gün	45. gün	90. gün
A	14±1	16±1	16±2	131±1	137±3	136±6
B	21±1	17±4	18±1	136±1	160±1	130±9
C	14±1	20±0	19±1	125±3	141±1	136±4
D	15±1	14±1	10±7	128±4	134±9	129±6
E	11±3	14±1	13±2	125±6	118±2	126±9
F	13±3	14±4	15±1	125±7	123±3	124±2
G	15±3	16±1	13±6	121±8	130±3	129±1
H	11±4	17±0	15±2	131±3	122±1	130±1
I	14±0	16±1	13±1	122±1	127±3	118±3
J	17±4	21±3	15±1	127±9	130±5	133±9
K	15±4	18±4	12±3	129±1	127±4	116±2
L	15±7	18±1	17±2	121±1	123±1	123±3
M	14±1	16±1	13±2	130±3	133±1	112±4

Koxholt vd. (2001), dondurmanın erime oranı üzerine yağ globüllerinin etkisini inceledikleri bir çalışmada, %10 süt yağı, %11 yağsız süt kurumaddesi, %10 sakaroz, %5 glikoz şurubu, %0.3 emülgatör, %0.1 guar gum ve %1 keçi boynuzu zıncı içeren karışıma demineralize su ilave ederek dondurma karışımları hazırlamışlardır. Dondurma karışımları 70°C’de çift kademeli olarak 5/1, 10/2, 17/4, 20.5/5 ve 30/6 MPa basınç değerlerinde ve tek kademeli olarak 5, 10, 17, 20.5 ve 30 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. İlk damlama süreleri tüm örnekler için yaklaşık 30 dakika olarak belirlenmiş ve ilk damlamanın, dondurmanın yüzey özellikleri ve donmuş su miktarına bağlı olmasından dolayı içyapı hakkında fikir vermediği değerlendirilmiştir.

Koyun (2009) endüstriyel dondurma üretiminde yağsız süt tozu yerine peyniraltı suyu protein konsantresi kullanımının dondurmaya uygunluğunu araştırdığı çalışmada, dondurma karışımlarına 15 MPa basınçta değerinde homojenizasyon işlemi uygulamıştır. Dondurma karışımlarının hazırlanmasında farklı oranlarda yağsız süt tozu ve peyniraltı suyu protein konsantresi kullanan ve dondurma karışımı formülasyonunun diğer bileşenlerinde herhangi bir değişiklik yapmayan araştırmacı, aynı yağ, stabilizatör ve şeker miktarına sahip dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını tespit etmiştir.

4.1.9. Dondurma örneklerinin reolojik özellikleri

Viskozite; sıvıların, moleküllerini bir arada tutan etkileşim kuvvetleri ile akışkanı akmaya zorlayan dış kuvvetlere karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Akış davranış indeksi (viskozite indeksi, n), akışkanın kayma gerimi altında ne kadar kolaylıkla deformasyona uğrayacağını gösteren bir değerdir. Newton akışkanlarında akış davranış indeksi 1.0 iken, üslü yasa modeline uyan akışkanlarda akış davranış indeksi 1.0'den küçüktür ve sıfıra yaklaşması elastik bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Kıvam katsayısı (K) ise kayma gerilimine karşı direnci simgelemektedir (Peker vd. 2003).

Dondurma örneklerinde depolamanın 1. gününde yapılan reoloji analizi sonucunda, örneklerin üslü yasa modeline uyan akış davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Erimiş dondurma örneklerine ait reolojik parametreler çıkış ve iniş eğrilerine ait veriler kullanılarak Çizelge 4.28'de gösterilmiştir. Çıkış viskozite/kayma hızı eğrisindeki 20 1/s kayma hızındaki değer, örneklerin görünür viskozite değerleri (Pa.s) olarak üslü yasa modeli ile belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin görünür viskozite değerleri, tiksotropi değerleri, kıvam katsayısı değerleri ve akış davranış indeksleri sırasıyla 0.22-0.35 (Pa.s), 38.6-202.7 (Pa/s), 1009.0-1442.8 (mPa.sⁿ) ve 0.38-0.60 arasında değişmiştir. Ayrıca seçilen modele uygunluğu göstergesi olan R^2 değerlerinin 0.86 ile 0.98 arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 4.28. Dondurma örneklerinin üslü yasa modeline göre reolojik özellikleri

Örnek Çeşidi	Görünür viskozite değeri (Pa.s)	Tiksotropi değeri (Pa/s)	Akış davranış indeksi değeri	Kıvam katsayısı değeri (mPa.s ⁿ)	R^2
A	0.30±0.04	99.7±22.9	0.39±0.14	1442.8±603.3	0.96±0.03
B	0.27±0.02	91.5±9.0	0.52±0.05	1010.3±7.1	0.98±0.01
C	0.22±0.01	68.5±10.3	0.42±0.04	1015.1±7.7	0.97±0.01
D	0.22±0.00	38.6±16.7	0.38±0.10	1160.9±232.1	0.98±0.02
E	0.35±0.00	146.1±0.4	0.59±0.02	1067.8±82.0	0.97±0.00
F	0.35±0.03	157.2±7.9	0.60±0.02	1014.4±3.2	0.97±0.01
G	0.30±0.01	202.7±10.7	0.46±0.07	1102.3±58.4	0.86±0.07
H	0.25±0.00	122.7±8.5	0.47±0.03	1025.7±9.7	0.95±0.01
I	0.31±0.05	153.7±13.4	0.55±0.05	1020.9±5.1	0.95±0.01
J	0.26±0.02	103.2±7.7	0.52±0.05	1009.0±7.8	0.97±0.00
K	0.27±0.03	120.02±11.8	0.53±0.04	1013.8±1.4	0.97±0.00
L	0.25±0.01	103.25±0.2	0.49±0.05	1018.4±14.01	0.96±0.01
M	0.24±0.06	91.00±8.7	0.45±0.08	1058.9±48.71	0.97±0.02

Mikrobiyal transglutaminazın farklı yağ içerikli dondurmaların fonksiyonel ve reolojik özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, tüm dondurma örneklerinin psödoplastik davranış gösterdiği ve akış davranış indeksleri sıfıra yaklaştıkça, psödoplastik özelliklerde bir artış olduğu saptanmıştır. Çalışmada psödoplastikliğin derecesi veya bir sıvının dilatant karakteri olarak ifade edilen akış davranış indeksi değerlerinin 0.55 ile 0.64 arasında değiştiği belirtilmiştir (Rossa vd.

2012). Çalışmamızdaki dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin 0.39 ile 0.60 arasında değiştiği (Çizelge 4.28) ve Rossa vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi dondurma örneklerinin psödoplastik davranış gösterdiği değerlendirilmiştir.

Dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerleri üzerine homojenizasyon basıncı ve homojenizasyon sıcaklığının etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu analize ait sonuçlar Çizelge 4.29’da verilmiştir. Çizelge 4.29 incelendiğinde, homojenizasyon işlemindeki basınç değerinin dondurma örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine etkisinin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29. Dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Görünür viskozite değeri (Pa.s)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	0.01121667	14.96***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	0.00232917	3.11
HB x HS	6	0.00117917	1.57
Hata	12	0.00075000	

*** $P < 0.001$

Dondurma örneklerinin görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde, tek kademeli olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğine ait görünür viskozite değerinin diğer örnekler için ait görünür viskozite değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 40 ve 50°C’lerde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin görünür viskozite değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı, 40°C’de homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin görünür viskozite değerinin, 60°C’de homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin görünür viskozite değerinden yüksek olduğu saptanmıştır.

Dondurmanın erime ve sertlik nitelikleri üzerine dondurma bileşenlerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada; akış davranış indeksi arttıkça, görünür viskozite değerinin arttığı ve buna bağlı olarak sertlik değerinin de arttığı tespit edilmiştir. Görünür viskozite değerleri daha büyük olduğunda, dondurma örneklerinin daha sert olduğu belirlenmiştir. Dondurma karışımının kıvam katsayısı, dondurmanın donmamış fazının akışının bir ölçüsü olarak değerlendirilen çalışmada, kıvam katsayısının aynı zamanda dondurma sertliğine katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, yüksek kıvam katsayıları olan dondurma örneklerinin daha viskoz olduğunu ve viskozitenin, dondurma direncini arttırdığı bildirmişlerdir (Muse ve Hartel 2004). Bahsi geçen çalışmanın sonuçları ile çalışmamız sonucunda elde edilen verilerin uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Dondurma örneklerinin görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Görünür viskozite değeri (Pa.s)
15	0.23±0.03 c
50	0.33±0.03 a
15/3	0.27±0.04 b
50/10	0.25±0.03 bc
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	0.28±0.04 a
50	0.28±0.06 ab
60	0.25±0.04 b

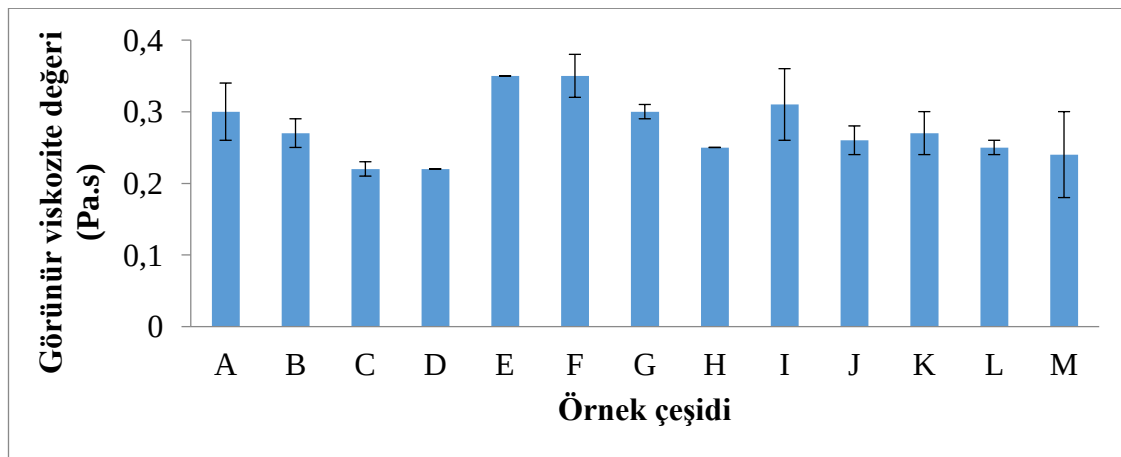
* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite (Pa.s) değerleri üzerine ürün çeşidinin etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelge 4.31 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine P<0.01 önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerindeki (Pa.s) değişim Şekil 4.6’de görülmektedir.

Çizelge 4.31. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerine (Pa.s) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Görünür viskozite değeri (Pa.s)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	0.00387179	4.91**
Hata	13	0.00078846	

**P<0.01



Şekil 4.6. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama görünür viskozite değerlerindeki (Pa.s) değişim

Dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerleri üzerine istatistiksel olarak homojenizasyon basıncı ve homojenizasyon sıcaklığının etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi yapılmış ve bu analize ait sonuçlar Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge 4.32 incelendiğinde, homojenizasyon basıncının örneklerin tiksotropi değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiş ve homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı interaksyonunun dondurma örneklerinin tiksotropi değerleri üzerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerine (Pa/s) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Tiksotropi değeri (Pa/s)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	10983.92974	112.99***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	353.45838	3.64
HB x HS	6	1526.36651	15.70***
Hata	12	97.21044	

*** $P<0.001$

Dondurma örneklerinin tiksotropi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Dondurma örneklerinin tiksotropi değerlerine (Pa/s) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Tiksotropi değeri (Pa/s)
15	66.2±25.6 d*
50	168.7±27.5 a
15/3	126.5±24.1 b
50/10	104.8±14.6 c
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	120.1±21.7 a
50	120.7±40.1 a
60	108.9±64.1 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.33 incelendiğinde, tek kademeli olarak 50 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğine ait tiksotropi değerinin diğer örneklere ait tiksotropi değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca en düşük tiksotropi değerine 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, istatistiksel olarak tiksotropi değerleri açısından aralarında fark olmadığı belirlenen 40 ve 50°C’lerde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin tiksotropi değerlerinin, 60°C’de homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin tiksotropi değerinden yüksek olduğu saptanmıştır.

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi (Pa/s) değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir.

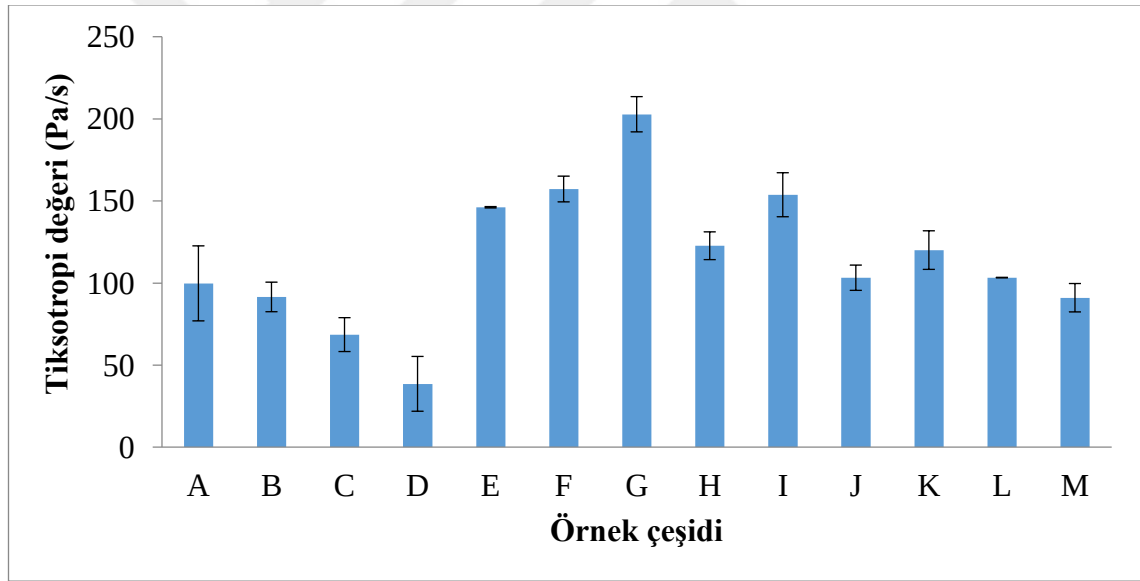
Çizelge 4.34. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Tiksotropi değeri (Pa/s)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	3611.51419	27.80***
Hata	13	129.90896	

***P<0.001

Çizelge 4.34 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma örneklerinin tiksotropi değerleri üzerine P<0.001 düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerindeki değişim Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama tiksotropi değerlerindeki (Pa/s) değişim

Dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncı ve homojenizasyon sıcaklığının, homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerleri üzerine etkisinin P<0.05 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.35).

Dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Akış davranış indeksi değeri	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	0.01268194	4.27*
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	0.01275417	4.29*
HB x HS	6	0.00519861	1.75
Hata	12	0.00297083	

*P<0.05

Çizelge 4.36. Dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Akış davranış indeksi değeri
15	0.44±0.08 b *
50	0.55±0.08 a
15/3	0.52±0.05 a
50/10	0.49±0.06 ab
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	0.53±0.05 a
50	0.51±0.08 a
60	0.45±0.08 b

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.36 incelendiğinde; akış davranış indeksi değerleri açısından 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri, 15/3 basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri ve 50/10 basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin, 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri ve 15/3 basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerine göre düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, istatistiksel olarak akış davranış indeksi değerleri açısından aralarında fark olmadığı belirlenen 40 ve 50°C’lerde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerlerinin, 60°C’de homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğinin akış davranış indeksi değerinden yüksek olduğu saptanmıştır.

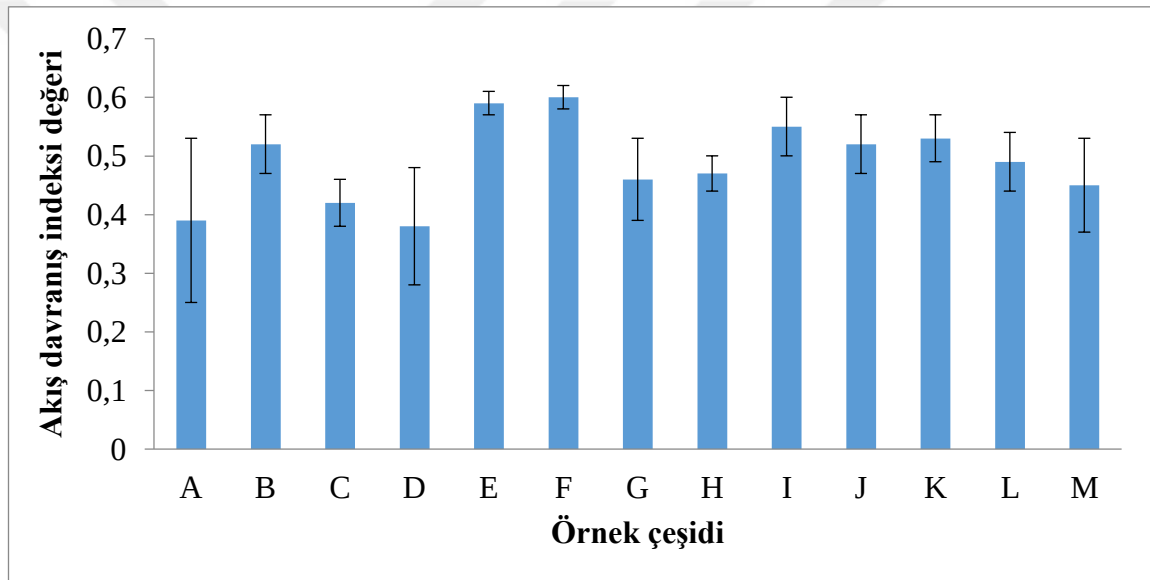
Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. Çizelge 4.37 incelendiğinde, ürün çeşidinin

dondurma örneklerinin akış davranış indeksi değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.37. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Akış davranış indeksi değeri	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	0.00968718	2.26
Hata	13	0.00428077	

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerindeki değişim Şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama akış davranış indeksi değerlerindeki değişim

Dondurma örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı interaksiyonunun homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma örneklerinin kıvam katsayısı değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.38).

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerleri üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkisini önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir. Çizelge 4.39 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma örneklerinin kıvam katsayısı değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir.

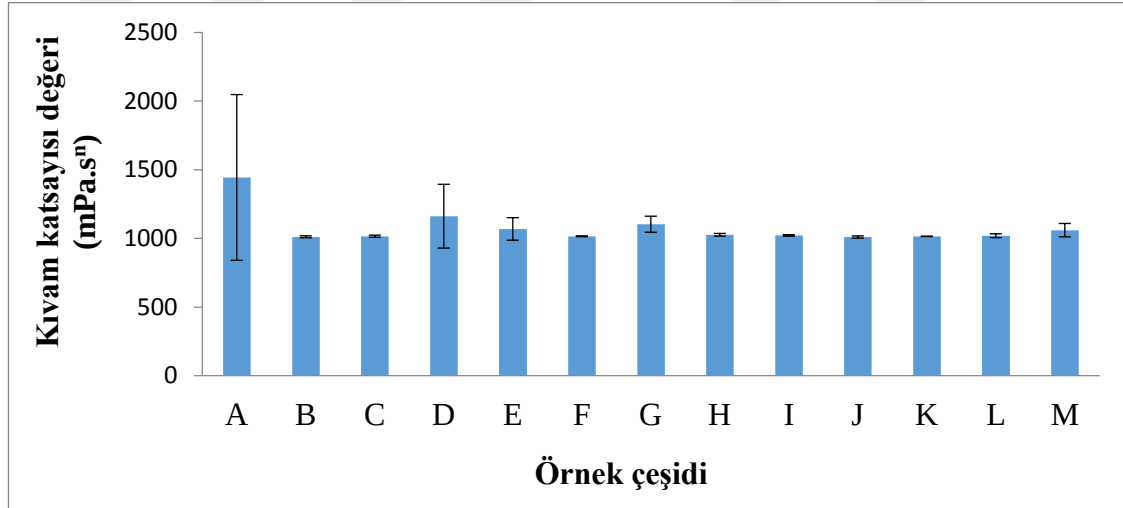
Çizelge 4.38. Dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerine (mPa.sn) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kıvam katsayısı değeri (mPa.s ⁿ)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	2932.27320	0.53
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	9726.57527	1.75
HB x HS	6	3407.57365	0.61
Hata	12	5571.0892	

Çizelge 4.39. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerine (mPa.sn) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kıvam katsayısı değeri (mPa.s ⁿ)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	1	28635.4528	0.86
Hata	1	33138.0048	

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerindeki (mPa.sⁿ) değişim Şekil 4.9'de görülmektedir.



Şekil 4.9. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama kıvam katsayısı değerlerindeki (mPa.sⁿ) değişim

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin viskozite, tiksotropi, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.40'da verilmiştir. Çizelge 4.40 incelendiğinde, en yüksek görünür viskozite değerine 40 ve 50°C'lerde 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu görülürken en

düşük görünür viskozite değerine 50 ve 60°C’lerde 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tiksotropi değerleri bakımından en yüksek değeri 60°C’de 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneği alırken en düşük tiksotropi değerini 60°C’de 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneğinin aldığı belirlenmiştir. Kıvam katsayısı değerleri birbirine yakın olan tüm örneklerin akış davranış indeksi değerleri incelendiğinde ise en yüksek akış davranış indeksi değerlerine 40 ve 50°C’lerde 50 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu görülürken en düşük akış davranış indeksi değerlerine 60°C’de 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneği ile kontrol dondurma örneğinin sahip olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.40. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin görünür viskozite, tiksotropi, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnek çeşidi	Görünür viskozite değeri (Pa.s)	Tiksotropi değeri (Pa/s)	Akış davranış indeksi	Kıvam katsayısı değeri (mPa.s ⁿ)
A	0.30±0.04 abc*	99.7±22.9 de	0.39±0.14 c	1442.8±603.3 a
B	0.27±0.02 bcd	91.5±9.0 ef	0.52±0.05 abc	1010.3±7.13 a
C	0.22±0.01 d	68.5±10.3 f	0.42±0.04 bc	1015.1±7.73 a
D	0.22±0.00 d	38.6±16.7 g	0.38±0.10 c	1160.9±232.1 a
E	0.35±0.00 a	146.1±0.4 bc	0.59±0.02 a	1067.8±82.0 a
F	0.35±0.03 a	157.2±7.9 b	0.60±0.02 a	1014.4±3.2 a
G	0.30±0.01 abc	202.7±10.7 a	0.46±0.07 abc	1102.3±58.4 a
H	0.25±0.00 bcd	122.7±8.5 cd	0.48±0.03 abc	1025.7±9.7 a
I	0.31±0.05 ab	153.7±13.4 b	0.56±0.05 ab	1020.9±5.1 a
J	0.26±0.02 bcd	103.2±7.7 de	0.52±0.05 abc	1009.0±7.76 a
K	0.27±0.03 bcd	120.0±11.8 d	0.53±0.04 abc	1013.8±1.4 a
L	0.25±0.01 bcd	103.3±0.2 de	0.49±0.05 abc	1018.4±14.0 a
M	0.24±0.06 dc	91.0±8.7 ef	0.45±0.08 abc	1058.9±48.7 a

* Aynı sütunda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

4.1.10. Dondurma örneklerine ait yağ destabilizasyonu değerleri

Depolamanın 1. gününde ölçülen dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerinin %11.3 ile 52.9 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.41).

Schmidt ve Smith (1989) yaptıkları bir çalışmada farklı homojenizasyon işlemlerinin %10.0 süt yağlı vanilyalı dondurmanın fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada; %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %10.2 yağ, %13.0 şeker, %4.0 mısır şurubu, %0.25 stabilizatör içeren dondurma karışımları tek kademeli olarak 3.43, 6.86, 13.82 ve 27.55 MPa basınç değerlerinde ve çift kademeli olarak 3.43/3.43,

6.86/3.43, 13.82/3.43 ve 27.55/3.43 MPa basınç değerlerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve dondurmaya işlenmiştir. Ayrıca, uygulanan homojenizasyon işlemine ait basınç değerinin etkisini görmek amacıyla aynı bileşimde hazırlanan dondurma karışımı basınç uygulanmadan homojenizatörden geçirilmiştir. Çalışmanın kontrol grubunu ise, %11.0 yağsız süt kurumaddesi, %10.2 yağ, %13.0 şeker, %4.0 mısır şurubu, %0.25 stabilizatör ve %0.075 emülgatör içeren ve 13.82/3.43 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri oluşturmuştur. Çalışma sonucunda çift kademeli olarak 27.55/3.43 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği, diğer tüm örneklerle göre %12.7 oranıyla en az yağ dengesizliği göstermiş ve bu örneklerin parlaklık değerlerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulanan homojenizasyon işlemindeki yüksek basınç değerinin, daha küçük ve daha dağınık yağ globüllerinin oluşmasına neden olduğu ve sonuç olarak yağ globüllerinin daha iyi dağılımının daha az yağ dengesizliği ve daha fazla ışık yansıması ile parlaklık özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir. Schmidt ve Smith (1989) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile çalışmamız sonunda elde edilen verilerin uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.41. Dondurma örneklerine ait ortalama yağ destabilizasyonu değerleri (%)

Örnek Çeşidi	Yağ destabilizasyonu değeri (%)
A	38.8±0.7
B	39.5±0.7
C	51.2±0.9
D	52.9±0.1
E	18.3±0.2
F	12.5±2.0
G	14.5±0.1
H	28.1±0.3
I	30.6±0.3
J	26.8±0.1
K	14.1±0.1
L	11.3±0.6
M	11.9±0.1

Çizelge 4.42'deki depolamanın 1. gününde dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde; dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri üzerine dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncının etkisinin $P<0.001$ düzeyinde, homojenizasyon işlem sıcaklığının etkisinin $P<0.01$ düzeyinde ve homojenizasyon basıncı x homojenizasyon sıcaklığı interaksyonunun etkisinin ise $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir. Çizelge 4.43'de görüleceği üzere, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça, örneklerin yağ destabilizasyonu değerlerinde azalma olduğu, en yüksek yağ destabilizasyon değerine 15 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak

homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu, en düşük yağ destabilizasyon değerine ise 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem sıcaklığı arttıkça, yağ destabilizasyon değerlerinin de arttığı, en düşük yağ destabilizasyon değerine 40°C’de homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte 50°C ve 60°C’de homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin yağ destabilizasyon değeri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır.

Çizelge 4.42. Dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Yağ destabilizasyonu değeri (%)	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	1574.407615	3214.09 ***
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	5.607279	11.45 **
HB x HS	6	43.046024	87.88 ****
Hata	12	0.489846	

** $P<0.01$ *** $P<0.001$

Çizelge 4.43. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Homojenizasyon basıncı (MPa)	Yağ destabilizasyonu değeri (%)
15	47.9±6.6 a *
50	15.1±2.8 c
15/3	28.5±1.8 b
50/10	12.4±1.3 d
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)	
40	25.0±10.5 b
50	26.4±17.4 a
60	26.5±17.3 a

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Erime ve sertlik nitelikleri üzerine dondurma bileşenlerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada; 14/3.4 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinde emülgatör miktarı arttıkça, yağ destabilizasyon oranında artış ve buna bağlı olarak da dondurma örneklerinin hacim artışı değerlerinde artışla birlikte erime oranlarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek destabilize olmuş yağın (%50’nin üzerinde) dondurmada akma direncini arttırdığı belirlenmiştir. Hacim artışı değerleri düşük olan dondurmaların daha hızlı eridiği saptanmıştır. Dondurma örneklerindeki daha yavaş erimenin büyük hacimli hava nedeniyle daha düşük hava transferinden kaynaklandığı; ancak asıl nedenin düşük yağ destabilizasyonu (%30’a kadar) olduğu belirtilmiştir (Muse ve Hartel 2004). Söz konusu durum çalışmamızda da gözlenmiştir.

Çalışmamızda yüksek yağ destabilizasyonu değerlerine sahip örneklerin hacim artışı değerlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Hacim artışı değerleri depolamanın 1. günü için değerlendirildiğinde, 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin en yüksek hacim artışı değerine sahip olduğu, 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneğinin ise en düşük hacim artışı değerine sahip olduğu (Çizelge 4.14) ve yine 15 MPa basınç değerinde tek kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneklerinin en yüksek yağ destabilizasyonu değerine sahip olduğu, 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak hazırlanan dondurma karışımlarından elde edilen dondurma örneğinin ise en düşük yağ destabilizasyonu değerine sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 4.43).

Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerleri (%) üzerine istatistiksel olarak ürün çeşidinin etkisinin önemli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.44’de verilmiştir. Çizelge 4.44 incelendiğinde, ürün çeşidinin dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.44. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Yağ destabilizasyonu değeri (%)	
		KO	F
Ürün Çeşidi	12	441.523915	906.85***
Hata	13	0.486877	

*** $P < 0.001$

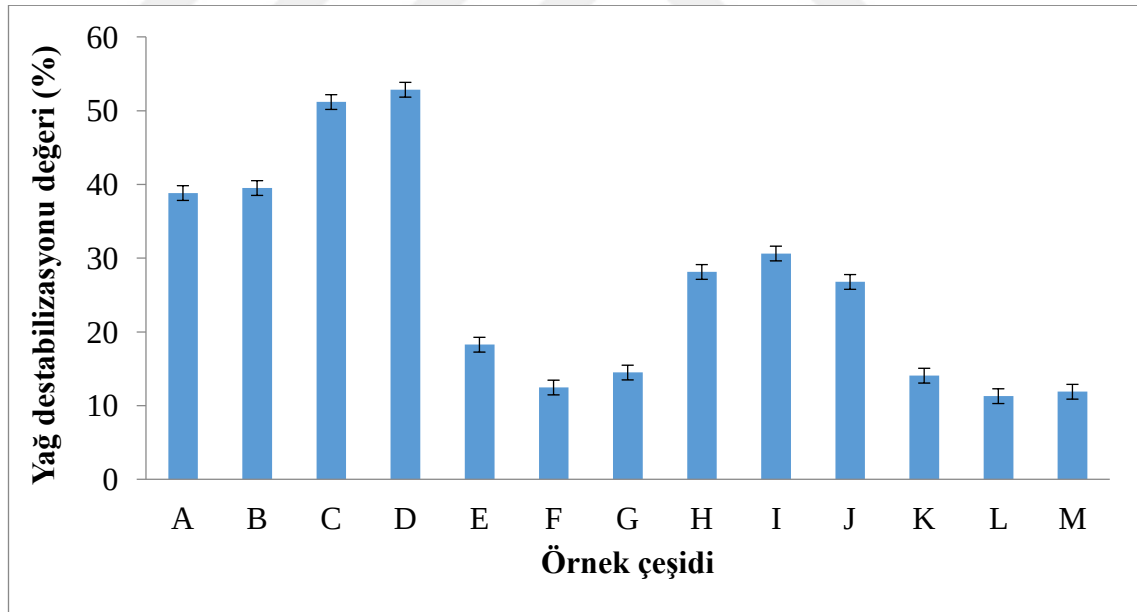
Çizelge 4.45’deki ürün çeşidi değişkenine ait ortalama yağ destabilizasyonu değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; en yüksek ortalama yağ destabilizasyonu değerini 60°C’de tek kademeli olarak 15 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneğinin, en düşük ortalama yağ destabilizasyonu değerlerini ise 50°C ve 60°C de çift kademeli olarak 50/10 MPa basınç değerinde homojenizasyon işlemine tabi tutulan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.45. Kontrol dondurma örneği de dahil olmak üzere tüm dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerine (%) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Ürün çeşidi	Yağ destabilizasyonu değeri (%)
A	38.8±0.7 c*
B	39.5±0.7 c
C	51.2±0.9 b
D	52.9±0.1 a
E	18.3±0.2 f
F	12.5±2.0 h
G	14.5±0.1 g
H	28.1±0.3 e
I	30.6±0.3 d
J	26.8±0.1 e
K	14.1±0.1 g
L	11.3±0.6 h
M	11.9±0.1 h

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerindeki (%) değişim Şekil 4.10'de görülmektedir.



Şekil 4.10. Dondurma örneklerinin ortalama yağ destabilizasyonu değerlerindeki (%) değişim

4.2. Duyusal Analiz Sonuçları

4.2.1. Renk ve görünüş

Dondurma örneklerine ait renk ve görünüş puanları ve puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.46’da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Dondurma örneklerine ait ortalama renk ve görünüş puanları (Tam puan=5)

Renk ve görünüş puanları Örnek Çeşidi	Depolama Zamanı		
	1. gün	45.gün	90.gün
A	4.4±0.9	4.0±0.7	4.4±1.3
B	4.2±0.8	3.6±1.1	4.0±0.7
C	4.2±0.5	4.0±0.0	3.8±0.5
D	4.4±0.6	4.6±0.6	3.8±1.1
E	4.6±0.6	4.6±0.6	4.4±0.9
F	4.4±0.9	4.2±0.8	4.0±1.2
G	4.8±0.5	4.4±0.9	3.6±0.9
H	4.6±0.6	4.8±0.5	4.4±0.9
I	4.4±0.6	4.6±0.6	4.4±0.9
J	4.2±0.5	4.2±0.5	3.8±1.1
K	4.2±0.8	4.6±0.6	4.0±0.7
L	4.4±0.6	4.6±0,6	3.6±1.1
M	4.8±0.5	4.8±0.5	4.0±1.2

Çizelge 4.46 incelendiğinde, 90 günlük depolama süresince üç farklı zamanda yapılan duyusal analizlerde dondurma örneklerinin renk ve görünüş bakımından 5 tam puan üzerinden 3.6 ile 4.4 arasında değişen puanlarla değerlendirildiği görülmektedir.

Çizelge 4.47’de görüleceği üzere dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen renk ve görünüş puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncı ve homjenizasyon sıcaklığının dondurma örneklerinin renk ve görünüş puanları üzerine etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Bunun yanı sıra, dondurma örneklerinin renk ve görünüş puanları üzerine depolama zamanı ana varyasyon kaynağının etkisinin $P<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının dondurmaların renk ve görünüş puanlarının ortalamaları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir. Çizelge 4.52 incelendiğinde dondurma örneklerine panelistler tarafından verilen renk ve görünüş puanlarının depolamanın ilk 45 günlük periyodunda değişmediği; ancak depolamanın 90. gününde örneklere verilen renk ve görünüş puanlarının depolamanın 45. günü ile karşılaştırıldığında azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.47. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen renk ve görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Renk ve görünüş puanları	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	0.77592593	1.37
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	0.21666667	0.38
Depolama zamanı (D)	2	4.05000000	7.15**
HB x HS	6	0.85370370	1.51
HB x D	6	0.33148148	0.58
HS x D	4	0.51666667	0.91
HB x HS x D	12	0.24259259	0.43
Hata	144	0.56666667	

**P<0.01

4.2.2. Yapı ve kıvam

Dondurma örneklerine ait yapı ve kıvam puanları ve puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.48’de verilmiştir. Çizelge 4.48 incelendiğinde, 90 günlük depolama süresince üç farklı zamanda yapılan duyusal analizlerde dondurma örneklerinin yapı ve kıvam bakımından 5 tam puan üzerinden 2.6 ile 4.2 arasında değişen puanlarla değerlendirildiği görülmektedir.

Ruger vd. (2002)’nin çift kademeli homojenizasyon işlemi ve peyniraltı protein konsantresinin dondurmanın tekstürel ve duyusal özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmada, 6 farklı dondurma [A (%0.10 emülgatör ilaveli ve 14.1 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), B (%0.10 emülgatör ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), C (%0.28 stabilizatör ilaveli ve 14.1 MPa basınç değerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), D (%0.28 stabilizatör ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği), E (%0.10 emülgatör ile %1.0 peyniraltı suyu protein ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği) ve F (%0.28 stabilizatör ile %1.0 peyniraltı suyu protein ilaveli ve 14.1/3.5 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneği)] üretmişlerdir. Çalışmada dondurma örnekleri kremamsı, soğukluk hissi, buzluluk hissi, vanilya aroması ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal nitelikler açısından değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, tüm duyusal nitelikler açısından en fazla tercih edilen dondurmaların C, D ve F dondurma örnekleri olduğu belirlenmiş olup, dondurma karışımlarına stabilizatör ilavesinin ve çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulamasının üretilen dondurmaların duyusal niteliklerini iyileştirdiği saptanmıştır. Söz konusu çalışmada dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin ve stabilizatör ilavesinin dondurmaların yapı ve kıvam puanları üzerine etkisi P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuş ve en yüksek puanı D örneği en düşük puanı ise A

örneği almıştır. Çalışmamızda dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işleminin dondurmaların yapı ve kıvam puanları üzerine etkisi $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuş ve elde edilen sonuçlara göre dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça, bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin tek kademeli homojenizasyon basıncı uygulamalarında yapı ve kıvam puanlarının kendi içinde arttığı, çift kademeli homojenizasyon basıncı uygulamalarında ise yapı ve kıvam puanlarının kendi içinde azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.48. Dondurma örneklerine ait ortalama yapı ve kıvam puanları (Tam puan=5)

Yapı ve kıvam puanları Örnek Çeşidi	Depolama Zamanı		
	1. gün	45.gün	90.gün
A	4.2±0.8	3.6±1.1	3.8±1.6
B	3.0±1.2	3.4±0.9	3.2±1.3
C	3.6±1.3	3.4±0.9	2.6±0.6
D	4.0±1.0	3.6±1.1	2.6±0.6
E	4.2±1.1	4.2±1.1	2.6±0.9
F	4.0±1.0	3.8±0.8	3.8±1.3
G	3.4±0.5	3.8±1.3	3.0±1.2
H	3.6±0.9	3.8±1.3	3.2±1.1
I	3.4±0.9	3.4±1.1	3.0±0.7
J	3.0±0.7	3.0±1.0	2.6±0.6
K	2.8±0.4	3.4±0.9	2.4±0.6
L	3.0±1.0	2.8±0.8	3.0±1.2
M	3.2±0.4	3.4±1.1	2.6±0.6

Çizelge 4.49’da görüleceği üzere dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen yapı ve kıvam puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncının dondurma örneklerinin yapı ve kıvam puanları üzerine etkisi $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca dondurma örneklerinin yapı ve kıvam puanları üzerine depolama zamanının etkisinin $P<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, homojenizasyon işlem sıcaklığının dondurma örneklerinin yapı ve kıvam puanları üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir.

Homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının dondurmaların yapı ve kıvam puanları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir. Çizelge 4.52 incelendiğinde, 50/10 basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneğinin yapı ve kıvam puanlarının, diğer dondurma örneklerine göre düşük olduğu saptanmıştır. Ancak 50/10 basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneğinin yapı ve kıvam puanları ile 15 ve 15/3 basınç değerlerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin yapı ve kıvam puanları arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı, 50/10 basınç değerinde homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından

üretileen dondurma örneği dışındaki dondurma örneklerinin de yapı ve kıvam puanları arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.49. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen yapı ve kıvam puanlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Yapı ve kıvam puanları	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	3.62037037	3.83*
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	0.35555556	0.38
Depolama zamanı (D)	2	6.87222222	7.28**
HB x HS	6	0.83703704	0.89
HB x D	6	0.19814815	0.21
HS x D	4	0.58888889	0.62
HB x HS x D	12	0.64814815	0.69
Hata	144	0.94444444	

*P<0.05 **P<0.01

4.2.3. Tat ve koku

Dondurma örneklerine ait tat ve koku puanları ve puanların depolama sırasındaki değişimi Çizelge 4.50’de verilmiştir. Çizelge 4.50 incelendiğinde, 90 günlük depolama süresince üç farklı zamanda yapılan duyusal analizlerde dondurma örneklerinin tat ve koku bakımından 5 tam puan üzerinden 3.6 ile 5.0 arasında değişen puanlarla değerlendirildiği görölmektedir.

Çizelge 4.50. Dondurma örneklerine ait ortalama tat ve koku puanları (Tam puan=5)

Tat ve koku puanları Örnek Çeşidi	Depolama Zamanı		
	1. gün	45. gün	90. gün
A	5.0±0.0	4.2±1.1	4.6±0.6
B	4.4±0.6	4.0±0.7	4.6±0.6
C	4.2±0.5	4.2±0.8	4.2±0.5
D	4.8±0.5	4.6±0.6	3.6±1.1
E	4.4±0.9	4.2±0.8	4.0±1.0
F	4.0±0.7	4.2±0.8	4.6±0.6
G	4.0±0.7	4.4±0.9	3.8±0.5
H	4.2±0.8	5.0±0.0	4.6±0.6
I	4.4±0.9	4.6±0.9	4.4±0.9
J	4.4±0.6	4.6±0.6	4.4±0.6
K	3.6±0.6	4.0±1.4	4.8±0.5
L	4.2±0.8	4.0±1.0	4.6±0.6
M	4.0±1.0	4.2±0.5	4.2±0.5

Çizelge 4.51’de görüleceği üzere dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen tat ve koku puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının dondurma örneklerinin tat ve koku puanlarının üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.51. Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen tat ve koku puanlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Tat ve koku puanları	
		KO	F
Homojenizasyon basıncı (HB)	3	1.11111111	2.03
Homojenizasyon sıcaklığı (HS)	2	0.07222222	0.13
Depolama zamanı (D)	2	0.23888889	0.44
HB x HS	6	0.11666667	0.21
HB x D	6	0.79444444	1.45
HS x D	4	0.88888889	1.62
HB x HS x D	12	0.43333333	0.79
Hata	144	0.54722222	

Homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama süresinin dondurmaların tat ve koku puanlarının ortalamaları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Dondurma örneklerine duysal analiz sonucunda verilen puanlara ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Renk ve görünüş puanları (Tam puan=5)	Yapı ve kıvam puanları (Tam puan=5)	Tat ve koku puanları (Tam puan=5)
Homojenizasyon basıncı (MPa)			
15	4.1±0.7 a*	3.3±1.0 ab	4.3±0.7 a
50	4.3±0.8 a	3.6±1.1 a	4.2±0.8 a
15/3	4.4±0.7 a	3.2±0.9 ab	4.5±0.7 a
50/10	4.3±0.8 a	3.0±0.8 b	4.2±0.8 a
Homojenizasyon sıcaklığı (°C)			
40	4.3±0.8 a	3.3±1.1 a	4.3±0.8 a
50	4.2±0.7 a	3.3±1.0 a	4.3±0.7 a
60	4.3±0.8 a	3.2±0.9 a	4.3±0.7 a
Depolama zamanı (gün)			
1	4.4±0.6 a	3.4±1.0 a	4.2±0.7 a
45	4.4±0.7 a	3.5±1.0 a	4.3±0.8 a
90	4.0±0.9 b	2.9±0.9 b	4.3±0.7 a

* Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Schmidt ve Smith (1988), dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değerlerindeki farklılığın, bu karışımlardan elde edilen dondurmaların duyuşal özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmada; emülgatör içermeyen %10.2 yağ oranına sahip dondurma karışımlarına 27.60, 13.80, 6.90 ve 3.45 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak; 27.60/3.45, 13.80/3.45, 6.90/3.45 ve 3.45/3.45 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulamışlar ve homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından dondurmalar üretmişlerdir. Çalışma sonucunda; ürün bileşimi ve hacim artışı değeri gibi niteliklerden etkilenen çiğnenebilirlik özelliğinin, dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemindeki farklı basınç değerlerinden etkilenmediği ve örneklerin birbirine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Yağlılık hissi açısından örnekler arasında farklılık saptanmamış olup, bunun sebebinin de yağ oranının homojenizasyon işlem basıncından etkilenecek kadar yüksek olmadığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanmayan dondurma karışımından 13.80/3.45 ve 3.45/3.45 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından ve 27.60, 6.90 ve 3.45 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerindeki vanilya aromasının, emülgatör içeren 13.80/3.45 MPa basınç değerinde çift kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulanan dondurma karışımından üretilen dondurma örneğine göre daha fazla algılandığı, dolayısıyla düşük yağlı dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlemindeki basınç değerinin, üretilen dondurma örneğinde hissedilen vanilya aromasını etkilemediği tespit edilmiştir. Schmidt ve Smith (1988) tarafından yapılan çalışma dondurmaların tat ve doku özellikleri ile ilgili sonuçların, çalışmamız sonucunda elde edilen veriler ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı basınç ve sıcaklıklarda homojenizasyon işlemi uygulamalarının %3 yağ içeren dondurma karışımlarından üretilen dondurmaların fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine olan etkileri 90 günlük depolama süresince tespit edilmiştir. Dondurma karışımları farklı basınçlarda (15 ve 50 MPa basınç değerlerinde tek kademeli olarak, 15/3 ve 50/10 MPa basınç değerlerinde çift kademeli olarak) ve sıcaklıklarda (40°C, 50°C ve 60°C) homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Homojenizasyon işlemi uygulanmadan hazırlanan dondurma karışımlarından üretilen dondurma örnekleri çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Üretilen tüm dondurma örnekleri 200 g'lık plastik ambalajlara doldurularak -20°C'de 90 gün süresince depolanmış ve depolamanın 1., 45. ve 90. günlerinde dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmada dondurma karışımlarının viskozite değerleri üzerine homojenizasyon basıncı, homojenizasyon sıcaklığı ve depolama zamanının $P<0.001$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hem homojenizasyon işlemi sonrası hem de olgunlaştırma işlemi sonrası en düşük viskozite değerine 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarının sahip olduğu belirlenmiştir.

Dondurma örneklerinde depolamanın 1. gününde ölçülen kurumadde miktarının %28.00 ile 28.91, kül miktarının %0.78 ile 0.84, pH değerinin 6.16 ile 6.47, titrasyon asitliği değerinin %0.17 ile 0.21, protein miktarının %4.03 ile 4.36 ve şeker miktarının %19.99 ile 20.74 arasında değiştiği saptanmıştır.

Dondurma örneklerinde depolama süresince belirlenen hacim artışı değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından homojenizasyon işlem basıncı ve depolama zamanının dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine etkisinin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem sıcaklığının bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$) saptanmıştır. En düşük hacim artışı değerine (%31.0) 50/10 MPa basınç değerinde çift kademeli homojenizasyon işlemi uygulanarak elde edilen dondurma karışımlarından üretilen dondurma örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri 4.2 N ile 19.7 N arasında değişmiştir. Çalışmada depolama boyunca tüm örneklerin sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dondurma karışımlarına uygulanan hem tek kademeli hem de çift kademeli homojenizasyon işlemlerinde basınç değeri arttıkça bu karışımlardan üretilen dondurma örneklerinin sertlik değerlerinin kendi içlerinde arttığı tespit edilmiştir.

Dondurma örneklerinde depolamanın 1. gününde ve 60. dakikada belirlenen erime miktarları 31.07-46.97 g arasında değişim gösterirken, depolamanın 90. gününde ve 60. dakikada dondurma örneklerinde belirlenen erime miktarları 29.1-53.9 g arasında değişmiştir. Ayrıca homojenizasyon işlemi uygulanmadan hazırlanan dondurma

karışımından üretilen kontrol dondurma örneğinin 47.0 gram erime miktarı ile en fazla eriyen örnek olduğu saptanmıştır.

Dondurma örneklerindeki ilk damlama sürelerinin ortalama olarak 4 ile 21 dakika arasında, tamamen erime sürelerinin ise ortalama olarak 112 ile 160 dakika arasında değiştiği belirlenmiştir.

Depolamanın 1. gününde yapılan reoloji analizi sonucunda, dondurma örneklerinin üslü yasa modeline uyan akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncının bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin görünür viskozite ve tiksotropi değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır.

Dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı arttıkça dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem sıcaklığı arttıkça dondurma örneklerinin yağ destabilizasyon değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Dondurma örneklerinde yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncı ve homojenizasyon işlem sıcaklığının bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin renk ve görünüş, tat ve koku puanları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P > 0.05$) görülmüş, dondurmaların yapı ve kıvam puanları üzerine dondurma karışımlarına uygulanan homojenizasyon işlem basıncının etkisi $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Dondurma örneklerinin renk ve görünüş, yapı ve kıvam puanları üzerine depolama zamanının etkisi ise $P < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuş olup, dondurmaların tat ve koku puanları üzerine depolama zamanının etkisinin önemli olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonuçları dikkate alındığında; farklı basınç ve sıcaklık değerlerinde uygulanan homojenizasyon işleminin dondurma karışımlarının fizikokimyasal özellikleri ile bu karışımlardan elde edilen dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerinde etkili olduğu ve farklı tip dondurmalar üzerinde de benzer çalışmaların yapılması gerektiği değerlendirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Abd El Rahman, A. M., Madkor, S. A., Ibrahim, F. S., Kilara, A. 1997. Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat fractions. *Journal of Dairy Science*, 80: 1926-1935.
- Açu, M. 2014. Fonksiyonel Özellikleri Geliştirilmiş Dondurma Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 124 ss, İzmir.
- Aime, D. B., Arntfield, S.D., Malcolmson, L.J., Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*. 34(2): 237-246.
- Akıncıoğlu, N. 2007. Yüksek Basıncıta Homojenizasyon İşleminin Karıştırılmış Yoğurdun Yapısal Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59 ss, İstanbul.
- Akkoyunlu, N. 2010. Türkiye'deki Dondurmaların Trans Yağ Asidi ve Cla İçeriğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40 ss, Konya.
- Anonim 1986. TS 4851 Dondurma-Toplam Katı Madde Miktarı Tayini-Referans Metod Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 5 ss, Ankara.
- Anonim 1992. TS 4265 Dondurma-Süt Esaslı Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 17 ss, Ankara.
- Anonim 1994. TS 1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 14 ss, Ankara.
- Anonim 1995. TS 8189 Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu (Rutin Metod) Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 10 ss, Ankara.
- Anonim 2002. TS 1018 İnek Sütü-Çiğ Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, 14 ss, Ankara.
- Anonim 2004. Türk Gıda Kodeksi-Dondurma Tebliği. Tebliğ No: 2004/45. T.C. Resmi Gazete 13.01.2005 tarih ve 25699 sayı. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2017. www.dairyknowledge.files/homogenization.pdf Erişim Tarihi: 21.02.2017.
- Aşçı Arslan, A., Çomak-Göçer, E.M., Demir, M., Atamer, Z., Hinrichs, J., Küçükçetin, A. 2016. Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into ice cream using three different methods. *Dairy Science & Technology*, 96: 477-487.
- Atsan, E., Çağlar, A. 2008. Farklı Stabilizör Kullanımının Dondurmanın Bazı Fiziksel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2): 195-200.

- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M., 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.
- Considine, T., Patel, H.A., Anema, S.G., Singh, H., Creamer, L.K. 2007. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8:1-23.
- Dağlı, A. 2006. Yoğurt Dondurması Üretiminde Peyniraltı Suyu Tozu Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 29 ss. Ankara.
- Daw, E., Hartel, R.W. 2015. Fat destabilization and melt- down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*, 43: 33- 41.
- Demirci, M., Şimşek, O. 1997. Süt İşleme Teknolojisi. HASAD Yayıncılık Ltd. Şti. Rebel Ofset, İstanbul, 246 ss.
- Dervişoğlu, M. 1995. Bileşimce Zenginleştirilmiş İnek Sütlerine Kola Konsantresi ve Aroma Maddesi Katılarak İşlenen Dondurmaların Bazı Nitelikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 ss, Samsun.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1021, 381 ss, Ankara.
- El-Nagar, G., Cloves, G., Tudorică, C. M., Kuri, V. 2002. Reological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2): 89-93.
- Ergin, F. 2013. Farklı Sıcaklık-Süre Kombinasyonlarında Isıl Strese Maruz Bırakılan *Lactobacillus acidophilus*'un Dondurma Üretiminde Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72 ss, Antalya.
- Goff H. D., Jordan W.K. 1989. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 72(1): 18-28.
- Goff, H.D., 1997. Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, 80(10): 2620-2630.
- Goff, H.D., Hartel, R.W. 2013. Ice cream. Springer US. New York Heidelberg Dordrecht, London. 462 ss.
- Gülen, A. 2010. Yoğurtlu Dondurma ve Reolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 162 ss, Bolu.
- Gürsel, A., Karacabey, A. 1998. Dondurma Teknolojisine İlişkin Hesaplamalar, Reçeteler ve Kalite Kontrol Testleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1498, 172 ss, Ankara.
- Güven, M., Karaca, B., Yaşar, K. 2010. Düşük Yağ Oranlı Kahramanmaraş Tipi Dondurma Üretiminde Farklı Emülgatörlerin Kullanımının Dondurmaların Özellikleri Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi*, 35(2): 97-104.

- Hatipoğlu, A. 2007. Bazı Yağ İkame Maddeleri Kullanılarak Yapılan Yağ Oranı Düşürülmüş Dondurmaların Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 102 ss, Şanlıurfa.
- Herald, T.J., Aramouni, F.M., Abu-Ghoush M.H. 2008. Comparison study of egg yolks alternatives in French vanilla ice cream. *Journal of Textural Studies*, 39: 284-295.
- Huppertz, T., Smiddy, M.A., Goff, H.D., Kelly, A.L. 2011. Effect of high pressure treatment of mix on ice cream manufacture. *International Dairy Journal*, 21: 718-726.
- Işık, Ü. 2005. Vanilyalı Yoğurt Dondurmaya İnülin ve İzomalt İlavesinin Reolojik ve Duyusal Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 ss, İstanbul.
- Innocente, N., Biasutti, M., Venir, E., Spaziani, M., Marchesini, G. 2009. Effect of high-pressure homogenization on droplet size distribution and rheological properties of ice cream mixes. *Journal of Dairy Science*, 92: 1864-1875.
- Karaman, N. 2011. Salep ve Bazı Stabilizatörlerin Maraş Dondurmasının Çeşitli Nitelikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 ss, Kahramanmaraş.
- Kesenaş, H., Akbulut, N., Yerlikaya, O., Akpınar, A., Açı, M. 2012. Kefir Dondurması Üretiminde Soya Sütünün Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1): 1-12.
- Kır, R. 2007. Farklı Tip Yağ Kullanımının Dondurmanın Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66 ss, Konya.
- Kielczewska, K., Kruk, A., Czerniewicz, M., Warminska, M., Haponiuk, E. 2003. The effect of high-pressure homogenization on changes in milk colloidal and emulsifying systems. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12(53): 43-46.
- Koçan, D., Koçak C. 2002. Vanilyalı Dondurma Üretiminde Quest Admul MG 4143 Emülgatörünün Farklı Kullanım Oranlarının Dondurma Niteliklerine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 27(5): 369-377.
- Koyun, A. 2009. Endüstriyel Dondurma Üretiminde Yağsız Süt Tozu Yerine, Peyniraltı Suyu Protein Konsantresi Kullanımının Dondurmaya Uygunluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40 ss, Tekirdağ.
- Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B., Hinrichs, J. 2001. Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 84: 31-37.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., Çağlar, A. 1993. Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metodları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 252, 238 ss, Erzurum.
- Küçükçetin, A., Milci, S., Demir, M., 2009. Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Probiyotik Dondurmaların Bazı Probiyotik Özellikleri ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Proje No:107 O 438, 148 ss.

- Leviton, A., Pallansch, M.J. 1959. Continuous recycling in the homogenization of relatively small samples. *Journal of Dairy Science*, 42: 20-27.
- Matsumiya, K., Horiguchi, S., Kosugi, T., Mutoh, T.A., Nambu, Y., Nishimura, K., Matsumura, Y. 2017. Effects of heat treatment and homogenization on milk fat globules and proteins in whipping creams. *Food Structure*, 12: 94-102.
- Michalski, M., Januel, C. 2006. Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends in Food Science & Technology*, 17: 423-437.
- Muse, M.R., Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87: 1-10.
- Özel, G., Ceylan R. 2016. Investigating the factors which are effective on ice cream consumption of consumers. *Alphanumeric Journal*, 4(2): 148-157.
- Öztürk, A. 1969. Ankara'da İşlenen Dondurmaların Yapılışları ve Genel Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Basımevi, 95 ss.
- Peker, S., Helvacı Ş.Ş. 2003. Akışkanlar Mekaniği. Literatür Yayıncılık, 3-80 s., İstanbul
- Rossa, P.N., Burin, V.M., Bordignon-Luiz, M.T. 2012. Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *Food Science and Technology*, 48: 224-230.
- Ruger, P.R., Baer, R.J., Kasperson, K.M. 2002. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 85: 1684-1692.
- Russel, A.B., Cheney, P.E., Wantling, S.D. 1999. Influence of freezing conditions on ice cream crystallisation in ice cream. *Journal of Food Engineering*, 39: 179-191.
- Schmidt, K.A., Smith, D.E. 1988. Effects of homogenization on sensory characteristics of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 71(1): 46-51.
- Schmidt, K.A., Smith, D.E. 1989. Effects of varying homogenization pressure on the physical properties of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 72(2): 378-384.
- Seçkin, A.K., Baladura, E. 2011. Süt ve Süt Ürünlerinin Fonksiyonel Özellikleri. *Celal Bayar University Journal of Science*, 7(1): 27-38.
- Soukoulis, C., Chandrinos, I., Tzia, C. 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *Food Science and Technology*, 41: 1816-1827.
- Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S.S., Wibisono, R. 2013. Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*, 50: 647-656.
- Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Canovas, G.V. 2005. Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67: 147-156.

- Tamuçay Özünlü, B.T., Koçak, C. 2010. Sütte Farklı Homojenizasyon Basınçları Uygulamanın Ayrar Kalitesine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 35(3): 189- 195.
- Tekinşen, C., Tekinşen, K.K. 2008. Dondurma (Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü). Selçuk Üniversitesi Basım Evi, Konya, 189 ss.
- Tosaki, M., Kitamura, Y., Satake, T., Tsurutani, T. 2009. Effects of homogenization conditions on the physical properties of high-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 62(4): 577-583.
- Tran, M., Roberts, D.R., Harte, F.M. 2016. Effect of high pressure jet processing on the rheological properties of ice cream mix. *Journal of Dairy Science*, 99: 258.
- Tunçtürk, Y., Ocak, E., Zorba, Ö. 2010. Farklı Homojenizasyon Basınç Değerlerinin Kaşar Peynirinin Kimyasal, Biyokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2): 88-99.
- Üçüncü, M. 1992. Süt Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:88 İzmir, 226 ss.
- Üçüncü, M. 2010. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Meta Basımevi, İzmir, 571 ss.
- Yeşilsu, A.F. 2006. Dondurmanın Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Bazı Pekmez Çeşitlerinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 88 ss, Samsun.
- Yalçın, S. 2016. Homojenizasyon ve Isıl İşlem Uygulamalarının Farklı Oranlarda Yağ İçeren Sütlerden Üretilen Ayrarın Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 67 ss, Antalya.
- Williams, O.E., Leighton, A. 1932. The incorporation of air during the homogenization of cream and of ice cream mixes. Bureau of Dairy Industry, U. S. Department of Agriculture, Washington, D.C. 367-370.

ÖZGEÇMİŞ

ESİN ÖZEL

esinozeltr@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2014-2018	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2008-2013	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya