T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES *LİNUM USİTATİSSİMUM L.* TOHUM YAĞI ATIĞININ YAĞI AZALTILMIŞ DONDURMANIN REOLOJİK, TERMAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ecem ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç.Dr.Salih KARASU

Temmuz, 2021

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES *LİNUM USİTATİSSİMUM L.* TOHUM YAĞI ATIĞININ YAĞI AZALTILMIŞ DONDURMANIN REOLOJİK, TERMAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ecem ŞEN tarafından hazırlanan tez çalışması 08.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Salih KARASU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üye. Mustafa MORTAŞ, Üye
Ondokuz Mayıs Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Soğuk Pres Keten Tohumu Atığının Yağı Azaltılmış Dondurmanın Reolojik ve Termal Özelliklerine Etkisinin Araştırılması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ecem ŞEN

Aileme

ve

Sevdiklerime

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında benden destek, yardım ve anlayışlarını esirgemeyen, her daim bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, öğrencisi olmaktan onur ve gurur duyduğum saygıdeğer danışmanım Sayın Doç.Dr.Salih KARASU'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her zaman görüşlerini benimle paylaşan ve yardıma ihtiyacım olduğu zaman desteğini gösteren Öğr.Gör.Alican AKÇİÇEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca bana olan sevgi ve inançlarıyla maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim, bu günlere gelmemi sağlayan sevgili babam Nihat ŞEN'e, annem Neriman ŞEN'e ve yanımda olduklarını her daim hissettiren dostlarıma teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Ecem ŞEN

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ **İX**

TABLO LİSTESİ **X**

ÖZET **Xİ**

ABSTRACT **Xİİİ**

1 GİRİŞ **15**

1.1 Literatür Özeti 15
1.2 Tezin Amacı 17
1.3 Hipotez 17

2 GENEL BİLGİ **18**

2.1 Dondurma Formülasyonunda Kullanılan Bileşenler 18
2.1.1 Yağ 19
2.1.2 Su 21
2.1.3 Emülgatör 21
2.1.4 Stabilizatör 23
2.1.5 Şeker 26
2.1.6 Aroma Maddeleri 26
2.2 Dondurmanın Kalite Parametreleri 27
2.2.1 Dondurmanın Reolojik Özellikleri 27
2.2.2 Dondurmanın Erime Özellikleri 28
2.3 Yağı Azaltılmış Dondurmalar 29
2.4 Soğuk Pres Yağ Atıkları ve Geri Kazanım Potansiyelleri 35

3 MATERYAL VE YÖNTEM **38**

3.1 Materyal 38
3.2 Yöntem 39

3.3 Deneysel Dizayn 39
3.4 Dondurma Örneklerinin Üretimi 40
3.5 Reolojik Özellikler 41
3.6 Akış Davranış Reolojik Özellikler 41
3.7 Dinamik Reolojik Özellikler 42
3.8 Erime Profili Özellikleri 42
3.9 İstatiksel Analiz 43

4 ARAŞTIRMA BULGULARI 44

4.1 Akış Davranış Özellikleri 44
4.2 Dondurma Karışımlarının Konsantrasyonunun Belirlenmesi 54
4.3 Viskoelastik Özellikler 55
4.4 Erime Özellikleri 60

5 SONUÇ VE ÖNERİLER 65

KAYNAKÇA 67

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 71

SİMGE LİSTESİ

ω	Açısal Hız
G'	Elastik Modül
°F	Fahrenheit Derece
Hz	Hertz
γ	Kayma Gerilimi
τ	Kesme Gerilimi
Pa	Pascal
R^2	Regresyon Katsayısı
sn	Saniye
°C	Santigrat Derece
$G"$	Viskoz Modül

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CMC	Karboksimetilseüloz
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GDA	Kılavuz Günlük Tutar
HTST	Yüksek Sıcaklık Yüksek Süre
MTG	Mikrobiyal Transglutaminaz

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Öğütülmemiş ve öğütülmüş keten tohumu yağı atığı 38
Şekil 2.2 Dondurma örneklerinin üretimi 40
Şekil 2.2 Dondurma örneklerinin üretimi (devamı) 41
Şekil 3.1 Dondurma karışımlarının akış davranış eğrileri.....48
Şekil 3.2 Formülasyon bileşenlerinin K değeri üzerine etkisi 51
Şekil 3.3 Dondurma karışımlarının viskoelastik özellikleri.....56
Şekil 3.4 Dondurma örneklerinin erime grafikleri.....62

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Dondurma karışımları formülasyonu için deneme dizaynı 39
Tablo 2.2 Dondurma örneklerinin formülasyonu 43
Tablo 3.1 Dondurma karışımlarının akış davranış özelliği parametreleri 49
Tablo 3.2 *K* değeri için ANOVA varyans analizi değerleri.....52
Tablo 3.3 Dondurma örneklerinin formülasyonu 54
Tablo 3.3 Dondurma örneklerinin formülasyonu (devamı).....55
Tablo 3.4 Optimum dondurma örneklerinin Power Law model parametreleri ...59
Tablo 3.5 Optimum dondurma örneklerinin erime özellikleri.....60

ÖZET

Soğuk Pres *Linum usitatissimum L.* Tohum Yağı Atığının Yağı Azaltılmış Dondurmanın Reolojik, Termal Ve Duyusal Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Ecem ŞEN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Çalışmanın temel amacı keten tohumu yağ atığı kullanılarak az yağlı dondurma üretiminin gerçekleştirilmesi ve bu amaçla örneklerin reolojik özellikleri baz alınarak formülasyon optimizasyonun gerçekleştirilmesidir. Çalışmada, ksantan gum %0,2-0,4, yağ %2,5-12,5 ve keten tohumu atığı %1-3 oranında kullanılarak dondurma emülsiyon karışımları oluşturulmuştur. Emülsiyonların, akış davranış reolojik özellikleri baz alınarak yanıt yüzey yöntemi ve tam faktöriyel merkezi kompozit tasarım kullanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Deneme dizaynında 17 çalışma noktası elde edilmiştir. Elde edilen formülasyonlara göre hazırlanan emülsiyon karışımlarının akış davranış reolojik özellikleri 0,1-100 (1/s) kesme hızı aralığında belirlenmiştir. Emülsiyon örneklerinin tümü, non- newtonian akış davranış özelliği göstermiştir. Örneklerin akış davranış reolojik özellik parametreleri Power- Law model kullanılarak belirlenmiştir. Emülsiyon örneklerinin kıvam katsayısı değerleri 1,77-19,91 Pa.sn olarak bulunmuş ve emülsiyonların K değerleri arasında önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Emülsiyonların reolojik özellikleri optimizasyon parametrelerinden önemli düzeyde etkilenmiştir($p<0,05$). Optimizasyon işlemi sonucu belirlenen 5 farklı

formülasyon (3 optimum, 2 kontrol) kullanılarak dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen dondurma örneklerinin erime profili ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Optimum noktada üretilen dondurmaların dinamik viskoelastik özellikleri tam yağlı ve yan ürün içermeyen az yağlı dondurmaların reolojik özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Dondurma örneklerinin G' değeri, G'' değerinden tüm frekans seviyelerinde daha yüksek çıkmıştır. Dondurma örneklerinin erime parametreleri dar bir aralıkta değişim göstermiştir (T_{onset} (^{o}C)=(-14,94)-(-15,44) T_{peak} (^{o}C)= 2,33-4,98 T_{end} (^{o}C)=16,26-16,57 ΔH (J/g)=(-2,48 – (-3,81)). Erime karakteristikleri dondurma örnekleri formülasyon bileşenlerinin birbirleri arasındaki interaksiyonunu belirtmesi açısından önemli bir kalite parametresidir. Soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılarak elde edilen dondurmaların erime profilleri tam yağlı dondurmanın erime profiline benzer çıkmıştır. Yapılan reoljik analizler ve DSC profili keten tohumu yağı atığının az yağlı dondurmada başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk pres keten tohumu yağ atığı, reolojik özellikler, optimizasyon, erime profili.

ABSTRACT

Investigation Of Cold Press *Linum usitatissimum L.* Oil Waste On The Reological, Thermal and Sensorial Properties Of Reduced Fat Ice Cream

Ecem ŞEN

Department of Food Engineering

Msc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Salih KARASU

The flaxseed contains high amounts of protein and carbohydrates which is the mostly fiber. The main purpose of the study is to produce ice cream with low fat content by using flaxseed oil waste and to perform optimization based on the rheological properties of the samples. In this study, ice cream emulsion mixtures were formed using xanthan gum 0.2-0.4%, oil 2.5-12.5% and flaxseed oil waste 1-3%. Based on the flow behavior rheological properties, the emulsions were optimized using the response surface method and the full factorial central composite design. In this design, 17 study points were obtained. Flow behavior rheological properties of the emulsion mixtures prepared according to the formulations. Steady shear rheological properties were determined in the range of 0.1-100 (1/s) shear rate. All of the emulsion samples showed non-newtonian flow behavior. Flow behavior steady shear parameters were determined by using Power-Law model. The consistency index values of the emulsion samples were found as 1.77-19.91 Pa.sn and a significant difference was determined between the K values of the emulsions ($p<0.05$). The rheological properties of the emulsions were significantly affected by the optimization parameters ($p<0.05$). Samples with different waste rates, desirability value 1, were determined. Ice cream was produced using 5

different formulations (3 optimum and 2 control points) determined as a result of the optimization process. Melting profile and rheological properties of ice cream samples were examined at this formulations. The dynamic viscoelastic properties of ice creams produced at the optimum point were compared with the rheological properties of full fat and low fat ice creams without by-products. G' value of ice cream samples was higher than G" value in all frequency levels. Melting parameters of ice cream samples varied in a narrow range (T_{onset} (^{o}C) = (-14.94)-(-15.44) T_{peak} (^{o}C) = 2.33-4.98 T_{end} (^{o}C)= 16.26-16.57 ΔH (J/g) = (-2.48) – (-3.81)). Melting characteristics ice cream samples are an important quality parameter in terms of indicating the interaction of the formulation components. The melting profiles of ice creams obtained by using cold pressed flaxseed oil waste were similar to the melting profile of full fat ice cream. Rheological analyzes and DSC profile showed that flaxseed oil waste can be used successfully in low-fat ice cream.

Keywords: Cold pressed flaxseed oil waste, rheological properties, optimization, melting profile.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Süt ürünleri her zaman insan besin zincirindeki en temel yenilebilir ürünler olarak kabul edilir (Yousefi ve Jafari, 2019). Süt bileşenleri, proteinler, yağlar, laktoz ve mineraller dahil olmak üzere yiyeceklere sağlıklı bileşenler sağlar. Sütte bulunan proteinler, yüksek miktarda esansiyel amino asit içerdikleri için besin değerleri yüksektir. Böylece, insan diyetindeki birçok bitkisel proteinin nispeten düşük kaliteli amino asit kompozisyonunu tamamlar ve dengeler. Birbirinden bağımsız ve sinerjik bir şekilde hareket ederler. Proteinlerin yanı sıra, süt ürünleri, gıdalara istenen mineral ve vitaminleri katar. İnsan beslenmesindeki ana ve küçük bileşenlerin rolü, yeni keşfedilen fizyolojik faydalarla iç içe geçmiştir (Chandan ve Kilara, 2011). Süt ürünleri tüketimi ile kanser, kardiyovasküler hastalıklar, metabolik sendromlar ve diş çürüğü gibi birçok hastalığın düşük oranları bağlantılıdır. Bu avantajlar kesinlikle peptitler, antioksidanlar, oligosakkaritler, probiyotik bakteriler, yüksek emilebilir kalsiyum, vitaminler, konjuge linoleik asit, organik asitler ve diğer biyoaktif bileşenler gibi süt gıdalarında biyoaktif bileşenlerin varlığına bağlıdır (Yousefi vd., 2019).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporlarına göre, dünyadaki süt üretimi 2017 yılında %0,5 büyüme oranı yaşadı ve 2027 yılına kadar %22'lik bir büyüme göstermesi bekleniyor (Yousefi vd., 2019). Türkiye'de süt üretimi son birkaç yılda artan sağım hayvan varlığı sayısı ve inek başına yıllık süt veriminin artması sonucu artmıştır. Türkiye'de toplam süt üretimi 2015 yılında 18,65 milyon ton olmuştur. Toplanan inek sütü, süt, peynir, yoğurt, ayran (yoğurt ve tuzdan yapılmış bir içecek) ve tereyağı, kefir, süt kreması ve dondurma gibi diğer süt ürünlerine işlenir (Kyrdar ve Karaca, 2017).

Süt sektörünün bir segmenti olarak, dondurma, süt ürünleri satışlarının %24'üne ulaşmıştır (Kyrdar vd., 2017). ABD en büyük dondurma üreticisidir (Underdown

ve Quail, 2011) ve kişi başına yıllık tüketimi yaklaşık 25 litredir. Dondurma tüketiminde lider ülke Yeni Zelandadır (Kyrdar vd., 2017). Türkiye'de ise dondurma tüketimi 2,5 litredir (Kyrdar vd., 2017).

Dondurma terimi farklı türlerde dondurulmuş tatlıları kapsar. Başlıca olanlar:

Sütlü dondurma - dondurulmuş, havalandırılmış süt bileşenleri karışımı, şekerler ve aromaları içerir.

Süt içermeyen dondurma - süt proteini veya diğer proteinler ve bitkisel yağlar kullanılır.

Sütlü buz - dondurmaya benzer, ancak havalandırılmamıştır ve daha az süt yağı içerir

Gelato - İtalyan usulü muhallebi bazlı yumurta sarısı içeren dondurma çeşidi.

Dondurulmuş yoğurt - laktik asit bakterileri veya yoğurt aroması içerebilir.

Sorbe - meyve bazlı, gazlı, yağ ve süt içermeyen şeker şurubu.

Şerbet - şerbete benzer, ancak biraz süt veya krema içerir.

Su buzu ‘Water Ice’ - dondurma gibi aroma ve renkte donmuş şeker şurubu.

Meyve buzu - meyveli buza benzer, ancak gerçek meyve suyuyla yapılır.

Bunların hepsinin ortak özelliği tatlandırılmış ve aromalı olmalarıdır, buz içerirler ve diğer donmuş yiyeceklerin aksine normalde donmuş durumda yenir (Clarke, 2012).

Dondurmanın evrensel bir tanımı yoktur ve mevzuat ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir ve tanımlayıcı olarak sütlü dondurmayı kullanmak için genellikle minimum miktarda yağ ve tek başına süt yağı kullanımı öngörmektedir (Underdown vd., 2011). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği’ne göre (Resmi Gazete, 13.01.2005, 25699,2004/45) dondurma karışımı, içerisinde tat ve çeşidine göre, süt ve/veya süt ürünlerini, 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 karışım ürününü, dondurma ise dondurma karışımının

pastörizasyon sonrası, tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen, yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan ürünü ifade eder.

1.2 Tezin Amacı

Dondurma, dünya çapında her türlü insanın tadını çıkardığı yağ bakımından zengin, lezzetli en eski süt ürünlerinden biridir. Küresel obezite hastalığı, tüketicilerin artan besin bilgisi ile daha az kalori alma isteği ve doymuş yağların aşırı alımından kaynaklı kardiyovasküler hastalıkların artmasıyla birlikte orta yağlı, az yağlı ve yağsız ürünler popülerlik kazanmıştır. Ayrıca soğuk pres yağ endüstrisinde çıkan atık miktarı kayda değerdir ve çıkan yan ürünler çeşitli gıda gruplarında değerlendirilebilecek niteliktedir. Bu tez çalışmasının temel amacı soğuk pres keten tohumu yağ atığının yağı azaltılmış dondurmada kullanım olanaklarının araştırılmasıdır. Bu amaç için soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılarak üretilen dondurmaların formülasyon optimizasyonu için ilk olarak 17 adet farklı formülasyon içeren bir deneme dizaynı oluşturulmuştur. Bu formülasyonlar ile üretilen dondurmaların reolojik analiz sonuçları baz alınarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işleminden sonra üretilen dondurmaların reolojik ve erime özellikleri incelenmiştir. Böylece optimum seviyede reolojik ve erime özelliğine sahip üretim parametreleri belirlenmiştir.

1.3 Hipotez

Dondurmanın reolojik ve erime özelliklerinde değişime neden olmadan, soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanarak optimum özelliğe sahip yağ oranı azaltılmış dondurma üretmektir.

2
GENEL BİLGİ

2.1 Dondurma Formülasyonunda Kullanılan Bileşenler

Dondurma ürünlerinde kullanılan bileşenlere baktığımızda bunlar üç gruba ayrılabilir:

1. Şeker, yağ, su ve süt proteini gibi önemli miktarlarda bulunan ana bileşenler.

2. Emülgatörler, stabilizatörler, renkler ve aromalar gibi küçük miktarlarda (ağırlıkça yaklaşık %1'den az) bulunan küçük bileşenler.

3. Ürün yapmak için dondurma ile birleştirilen çikolata, bisküvi, gofret, meyve parçaları ve kuruyemiş gibi bileşenler (Clarke, 2012).

Dondurma; protein, tuz, şeker ve polisakkaritlerden oluşan yüksek viskoziteli sulu bir fazda dağılmış yağ globülleri, hava kabarcıkları ve buz kristalleri içeren kolloidal kompleks bir besindir. Bu nedenle, dondurma aynı anda bir emülsiyon (yağ globülleri), bir sol (buz kristalleri) ve bir köpüktür (hava kabarcıkları). Dondurma genellikle yaklaşık %30 buz, %50 hava, %5 yağ ve hacim olarak %15 şeker çözeltisi içerir; bu nedenle, maddenin tüm hallerinden oluşur: katı (buz ve yağ), sıvı (şeker çözeltisi) ve gaz (Rios, Pessanha, Almeida, Viana ve Lannes, 2014).

Bileşenler, çeşitli ham maddelerden elde edilebilir: örneğin, süt proteini ve yağ (ve bir miktar su) süt veya kremadan sağlanabilir; alternatif olarak ayrı hammaddelerden, yani yağsız süt tozu ve tereyağı veya bitkisel yağdan gelebilir (Clarke, 2012).

Dondurulmuş tatlılar için FDA tanımları ve kimlik standartları, isteğe bağlı süt bileşenlerini, isteğe bağlı kazeinatları ve sütten türetilmemiş güvenli ve uygun bileşenleri belirtir. Kaynak grupları; süt bileşenleri, tatlandırıcı maddeler,

kazeinatlar, emülgatörler, su, yumurta ürünleri, stabilizatörler, mineral tuzlar, renklendirme, lezzet karakterize edici bileşenler ve diğer isteğe bağlı bileşenleri içerebilir (Arbuckle, 1986).

2.1.1 Yağ

Karmaşık bir gıda olarak dondurma, kısmen bir araya gelmiş yağ globülleri, hava kabarcıkları, buz kristalleri ve yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritler, mineral tuzlar, proteinler ve su içeren donmamış viskoz serum içeren donmuş gaz emülsiyonudur (suda yağ) (Akbari, Eskandari ve Davoudi, 2019). Dondurmanın yağ yapısının ve kolloidal görüntüsünün önemi günümüzde yaygın olarak kabul edilmektedir, çünkü yağ yapısı, dondurmanın dondurucudan ekstrüzyonda kuruluğu, kalıplanabilirliği, erime sırasında şekil kaybetmemesi ve pürüzsüz yeme tekstürü için altta yatan nedendir (Goff, 2008). Dondurmada, yağ ve yağ yapısının gelişmiş dokusu birçok özellik için kritik bir öneme sahiptir. Bu özellikler arasında örnek olarak stabilite, optimal yapı, fiziksel özellikler bulunur. Ayrıca, yağ ağı arzu edilen birçok kalite özelliğini yönetir. Pürüzsüz karakteristik bir doku üretir, dondurmadaki lezzet zenginliğini arttırır, eklenen lezzet bileşikleri için iyi bir taşıyıcı ve sinerjisttir, kremsi dokudan büyük ölçüde sorumlu olan köpüğü stabilize etmeye yardımcı olur, iyi erime özelliklerine katkıda bulunur, dondurma yapısı sağlamaya yardımcı olur, dondurma dondurulurken dondurucu haznesinin yağlanmasına yardımcı olur (Güven, Kalender ve Taspinar, 2018).

Genellikle dondurma süt veya süt dışı kaynaklardan gelen %10-16 yağ içerir ve dondurmada yağ dondurmanın kuruluğunu, donma işleminden sonra şekil tutmasını, sertleşme sonrası erime direncini ve pürüzsüzlüğünü etkileyen önemli bir bileşendir, bu nedenle yağ içeriğinin ortadan kaldırılması veya azaltılması dondurmanın nihai kalitesinde birçok kusura yol açar (Akbari vd., 2019).

Süt yağı sadece sütte bulunur. Sütte emülsiyon halinde süspansiyon halinde tutulan küçük globüller şeklinde oluşur. Sütte bulunan yağ globülleri birarada kümelenme eğilimindedir. Bu özellik, çeşitli üretilen süt ürünlerinde hızlı kremalaşma, viskozite ve yapı özelliklerinden sorumludur. Yağ globülleri

yüzeylerinde protein ve lesitinden oluşan bir kolloidal madde tabakasına sahiptir. Bu tabaka genellikle yağ globül membranı olarak adlandırılır (Arbuckle, 1986). Süt yağı, dondurma yapısının belirleyicisidir, çünkü tekstür, ağız hissi, krema ve kayganlık hissi geliştiren diğer bileşenlerle etkileşime girer. Tipik olarak, dondurma %10-16 yağ içerir, ancak son yıllarda, bazı dondurma üreticileri yağ miktarını azalmış ve sağlık bilincine sahip tüketicilerin taleplerini karşılayan ürünler oluşturmak için katı yağları karbonhidrat veya proteinlerle değiştirmiştir. Bir yağ ikame maddesinin orijinal yağın tesktürü, ağız hissi ve işlevselliği ile eşleşmesi ve istenen lezzet profilini taşıması gerektiği için yağ yapılarının nasıl oluştuğunu anlamak önemlidir (Rios vd., 2014).

65 yıl önce dondurma kolloidal durumunun tanınması başlangıç aşamasındaydı, yumurta sarısı kullanımda tek emülgatördü ve yağın kısmi birleşmesindeki işlevselliği anlaşılamadı. Az yağlı ürünlere olan ilginin artmasıyla birlikte eşdeğer yapıların nasıl oluşturulacağını anlamak önemli olmuştur (Goff, 2008). Yağ, stabilizasyonuna yardımcı olan kısmen birleştirilmiş sürekli üç boyutlu homojenize globüller ağı aracılığıyla dondurma ve çırpma sırasında dondurmanın özelliklerine büyük ölçüde katkıda bulunur. Çünkü yağ globülleri hava kabarcıklarını çevreler ve artan yağ birleşme seviyeleri de geliştirilmiş erime direnci ile ilişkilidir (Rios vd, 2014).

Taze tatlı krema, dondurma karışımında kullanmak için en çok tercih edilen konsantre süt yağı kaynağıdır. Diğer konsantre süt ürünleri tatlı kremanın yaptığı temiz, zengin, kaliteli kremsi lezzet vermez. Krema %40 yağ içermeli, %0,15 asitliği geçmemelidir ve tat ve kokulardan arınmış olmalıdır (Arbuckle,1986).

Konsantre bir yağ kaynağı istendiğinde, dondurmada bir dereceye kadar plastik krema kullanılır. Bir yağ kaynağı olarak plastik krema ile yapılan karışımlar, yağlanma gösterebilir ve dondurulmuş krema, tereyağı yağı veya tereyağı ile yapılan karışımlara benzer şekilde biraz daha düşük çırpma özelliklerine sahip olabilir. (Arbuckle,1986).

Yağ sağlayan diğer bileşenler arasında konsantre şekerli krema, sade tereyağı, tuzsuz tereyağı, özel ısıl işlem görmüş süt yağı, tereyağı-sakaroz ve tereyağı-sakaroz-toz karışımı ürünler ve kurutulmuş krema bulunur (Arbuckle,1986).

2.1.2 Su

Dondurma (genellikle %60-72 w/w) ve su-buz karışımları (genellikle %75-85 w/w) yüksek oranda su içerir. Su, karışımdaki tüm bileşenlerin çözüldüğü veya dağıldığı ortamdır. Donma ve sertleşme sırasında suyun çoğunluğu buza dönüştürülür (Clarke, 2012).

Dondurmadaki suyun asla tamamen donmadığı bilinmektedir. Sıcaklık yükseldiğinde buz kristallerinin bir kısmı erir; tersine, sıcaklık düştüğünde daha fazla su buz kristallerine dönüşür. Sıcaklıktaki bu dalgalanma ve yavaş donma tekstür değişikliklerine neden olur (Arbuckle, 1986).

2.1.3 Emülgatör

Bir emülsiyon, biri diğerinde küresel damlacıklar olarak dağılmış iki karışmaz sıvı (genellikle yağ ve su) içerir. Emülsiyonun stabilitesi, emülgatörler adı verilen yüzey aktif ajanlar eklenerek arttırılabilir. Yumurta gibi bazı emülgatörler, yağların yapısı üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle üretilen çoğu ürüne dahil edilir (Rios vd.,2014).

Genel olarak, mono-ve digliseritler ve sorbitolün etoksile esterleri (polisorbat) yaygın olarak kullanılan emülgatörlerdir. Emülgatörler yağ ve suyun karışmasını kolaylaştırır, çünkü bu moleküller biri su (hidrofilik) ve diğeri yağ (hidrofobik) seven iki alana sahiptir. Bir yüzey aktif maddenin hidrofobik kısmı yağ ile etkileşime girdiğinde, molekülün su seven kısmı su ile etkileşime girebilir, böylece suda yağ süspansiyonunu kolaylaştırır (Deosarkar, Khedkar, Kalyankar ve Sarode, 2016).

Dondurma, yağ damlacıklarının sürekli bir sulu fazda dağıldığı bir suda yağ emülsiyonu olarak düşünülebilir. Buz kristallerinin ve hava kabarcıklarının diğer ana bileşenleri de dondurma yapısına ve özelliklerine katkıda bulunur. Sıvı yağ damlacıkları başlangıçta sıcak dondurma karışımının homojenizasyonu sırasında

oluşur. Homojenizasyondan sonra damlacıklar, karışımda bulunan ve yağ damlacığı yüzeyine kolayca absorbe olan bazı süt proteinleri tarafından stabilize edilir (Underdown,2011).

Emülgatör kullanımı bitmiş dondurmada erime oranını azaltır. Yapı ölçümleri, emülgatörlerin daha eşit dağılmış biraz daha küçük buz kristalleri ve daha küçük hava hücreleri ürettiğini ve bunun da daha yumuşak bir dondurmaya neden olduğunu göstermektedir (Arbuckle, 1986).

Dondurma üretiminde bir emülsifiye edici maddenin işlevi, esas olarak karışımın çırpma kalitesini iyileştirmek, pürüzsüz bir tekstür üretmek, dondurucudan çekilirken kuru sert bir ürün vermek ve çeşitli üretim süreçleri sırasında daha fazla kontrol elde etmektir (Arbuckle, 1986). Dondurmada emülgatörlerin varlığı, karışımın havayı dahil etme yeteneğini geliştirirken daha yumuşak bir tekstüre ve daha iyi şekil korunmasına yol açar. Emülgatörlerin bu etki şekli, hava–serum ve yağ–serum arayüzlerindeki aktiviteleri ile ilgilidir. Yağ-serum arayüzünde, proteinleri yağ globüllerinin yüzeyinden yer değiştirirler ve yağ globüllerini donma ve çırpma işlemi sırasında kısmi birleşmeye ve yapı oluşumuna daha duyarlı hale getirirler (Deosarkar vd., 2016).

Süt proteinleri doğal emülgatörler olarak hareket eder; dondurma karışımının bir yağ-su emülsiyonunda yağ-su arayüzlerinde ve süt yağı globül membranlarına bağlanmaları nedeniyle köpüğün sıvı-hava arayüzünde bulunabilme yeteneğine sahiptirler. Ek olarak, süt proteinleri, donmamış serumun viskozitesine katkıda bulunan ve sertleşme ve depolama sırasında buz kristallerinin büyümesini engelleyen doğal su tutma yeteneklerine sahiptir (Pei ve Schmidt, 2010).

Katı yumurta sarısının kullanımı aşağıdaki yararlı etkileri sağlar:

* Özellikle yavaş çırpılan karışımlar için artan çırpma hızı.

* Belirli bir sıcaklık aralığında daha sıkı dondurma.

* Dondurucuyu boşaltırken hacim artışında daha az değişiklik.

* Dondurma erirken geliştirilmiş görünüm.

* Biraz geliştirilmiş tekstür.

* Artan besin değeri.

Dezavantajları, yumurta sarısının maliyeti ve sık sık hafif aromalı olabilmeleridir (Arbuckle, 1986).

Katı yumurta sarısı, tereyağı veya tereyağı yağının ana yağ kaynağı olarak kullanıldığı karışımlarda özellikle arzu edilir. Araştırmalar, yumurta sarısının dondurulmadan önce %10 şekerle tatlandırıldıklarında daha fazla çırpma oranını artırdığını göstermiştir (Arbuckle, 1986).

2.1.4 Stabilizatör

'Hidrokolloid' terimi Yunanca hidro 'su' ve kolla 'tutkal' kelimelerin birleşmesiyle oluşur. Hidrokolloidler, yapılarının hidrofilik kısımları nedeniyle sulu bir fazda kolloidal çözeltiler oluşturan bileşenlerdir. Bunlar, kolayca dağılabilen, kısmen veya tamamen çözünebilen ve sulu bir fazın varlığında şişmeye maruz kalan uzun zincirli biyopolimerleri içerir. Emülsifiye edici (içecekler), stabilize edici ve hacim artırıcı (süt bazlı ürünler), kaplama ve tekstüre edici (şekerleme), kabarma (unlu mamuller) vb. gibi gıda matrislerinin tekstürel kalitesinde birçok rol oynayabilirler (Yousefi vd., 2019).

Hidrokolloidlerin süt endüstrisinde kullanımı iki nedenle olmaktadır: sıvı çözeltilere bir ağ gövdesi vererek süt jelleri üretirler ve raf ömrünü uzatabilirler. Birinci faktör ile ilgili olarak, jeller sıvı ve katı haller arasında fiziksel olarak mekanik katı ağlar olarak kabul edilir. Bir jel içinde bağlanan bağlar, hidrojen bağları, hidrofobik birleşmeler ve katyon aracılı çapraz bağlantılardan oluşur; bu nedenle, hidrokolloid jeller genellikle "fiziksel jeller" olarak kabul edilir (Yousefi vd., 2019). Dondurmada stabilizatörlerin kullanılmasının başlıca amaçları, yapı ve tekstürde pürüzsüzlük üretmek, depolama sırasında buz kristali büyümesini geciktirmek veya azaltmak ve ürünün homojenliğini ve erime direncini sağlamaktır. Stabilizatörler ya suda jel yapılar oluşturma ya da su ile hidrasyon suyu olarak birleştirme yetenekleri sayesinde işlev görürler (Arbuckle, 1986).

1915'te Frandsen, o zamanlar genellikle tutucular, kolloidler, bağlayıcılar ve dolgu maddeleri olarak adlandırılan bir grup maddeyi belirtmek için stabilizatör kelimesini kullandı (Frandsen ve Markham, 1915). Dondurmada gerekli olan stabilizatör miktarı ve türü, koşullar; bileşim veya karışım türü; kullanılan malzemeler; işleme zamanı, basınç ve sıcaklıklar; depolama süreleri; ve diğer birçok faktöre göre değişir. Dondurma karışımında genellikle %0,1-0,5 stabilizatör kullanılır (Arbuckle, 1986). Stabilizatörler ve emülgatörler formülasyona küçük miktarlarda ilave edilmelerine rağmen, stabilizatörler su tutma kapasitesini ve viskoziteyi arttırırken, emülgatörler karışımdaki emülsiyonu stabilize eder ve köpük oluşumuna yardımcı olur (Pei vd., 2010).

Dondurma yapımında izin verilen ve kullanılan stabilizatör maddeler arasında agar; aljin (sodyum aljinat); propilen glikol aljinat; jelatin; akasya gamı; guar gam; karaya gamı; keçiboynuzu gamı; yulaf gamı; kitre gamı; karragenan; karragenan tuzları; furseleran; furseleran tuzları; lesitin; pektin; pisilyum tohumu kabuğu; ve sodyum karboksimetilselüloz (CMC) (Arbuckle, 1986).

Karragenan: Bu, bir deniz yosunu olan İrlanda yosunundan çıkarılır, Massachusetts, Fransa ve İrlanda kıyılarında büyür. Bu ürünler 250 Bloom jelatini stabilize etme değeriyle karşılaştırılabilir ve (iddia edildiği gibi) karışıma jelatin kadar kolay ilave edilebilir. Diğer gam stabilizatörleri ile birlikte kullanılır ve karışımın ağırlığının yaklaşık %0,02 oranında peynir suyu ayrımının önlenmesinde yardımcı olur (Arbuckle,1986).

Agar: Pasifik kıyılarında yetişen kırmızı alglerden elde edilen bir ürün olan agar, şerbet ve buzlarda stabilizatör olarak kullanılmak üzere gam veya jelatinle birlikte önerilmiştir. Her ne kadar büyük miktarda su absorbe ederek son üründe kalınlığı önlese de, karışımda kolayca dağılmaz ve ufalanan bir gövde üretme eğilimindedir. Ayrıca maliyeti yüksektir (Arbuckle,1986).

CMC: Sodyum karboksimetil selülozun ticari adı olan CMC, şu anda dondurma endüstrisi tarafından kabul edilen stabilizatörlerin temelini oluşturur. Yüksek su tutma kapasitesine sahiptir ve karışımda kolayca çözülür. Az miktarlarda kullanıldığında, jelatin ve bazı sebze stabilizatörleri gibi sağlam bir jel

oluşturmaz, ancak dondurmada ve özellikle şerbetlerde ve buzlarda kullanım için uygun bulunmaktadır (Arbuckle,1986).

Pektin: Pektin esas olarak turunçgillerden elde edilen bir karbonhidrattır ve bazı dondurmaların yapımında kullanılan şuruplarda ve meyvelerde bileşen olarak kullanılır. Şerbet ve buzlarda daha yaygın olarak kullanılır. (Arbuckle,1986).

Keçiboynuzu Gamı: Keçiboynuzu gamı Avrupa'dan ithal edilen ve çoğunlukla Kıbrıs'ta yetiştirilen bir üründür. Şerbet ve buzlarda kullanılmak üzere hazırlanan stabilizatörlerin bir bileşenidir. Bu ürünlerdeki başlıca avantajı, hacim artışını engellemesidir. Süt proteininin donmasına neden olma eğilimi olduğundan, karragenan ile kombinasyon halinde kullanılmadığı sürece dondurmada kullanımı sınırlıdır (Arbuckle,1986).

Ksantan: Ksantan, kültürde Xanthomonas campestris'in büyümesiyle üretilen bir bakteriyel ekzopolisakkarittir. Gam, izopropil alkol ile çökeltilerek kültür brotundan geri kazanılır. Ksantan yapısı, selüloza benzer bir ana glikoz zincirinden oluşur ve diğer her glikoz ünitesi, iki mannoz ünitesi ve bir glukuronik asit ünitesinden oluşan bir trisakkarit yan zincirine bağlanmıştır. Yan zincirler, ksantana oldukça esnek bir çubuk konformasyonu veren zincir ile yakından hizalanmıştır. Bu konformasyon, ksantan çözeltilerinin özelliklerini arttırır: geniş bir sıcaklık ve pH aralığında homojen viskozite, düşük konsantrasyonda yüksek viskozite, yüksek derecede psödoplastiklik (viskozitenin kaymaya bağlılığı) ve 10-30 ° C'de iyi çözünürlük. Salata sosu gibi psödoplastik özelliklerinin oldukça arzu edildiği ürünlerde yaygın olmakla birlikte dondurmada çok sık kullanılmamaktadır (Goff ve Hartel, 2013).

Diğer Gamlar: Kitre, arabik, karaya veya Hindistan gamı gibi diğer gamları, genellikle dünyanın daha sıcak bölgelerinde yetişen bazı ağaçların ve bitkilerin kabuğunda yapılan kesiklerden eksüdalardır. Ana kullanımları buzlar ve şerbetler için stabilizatörler ve dondurma geliştiriciler olarak adlandırılan maddelerdir. Bazı bitki tohumlarından (ayva ve pisilyum) elde edilen müsilajinöz özler daha az kullanılır (Arbuckle,1986).

2.1.5 Şeker

Genellikle toz şeker olarak bilinen sükroz, pancar şekeri ve şeker kamışından gelir ve en yaygın kabul gören şeker kaynağıdır. Sakkaroz donma noktasını düşürse de, dondurmadaki konsantrasyonu sadece tatlandırıcı etkisi ile sınırlıdır. Bir karışımın sükroz içeriğinde %2'lik bir artışın donma noktasını yaklaşık 0,4°F düşürdüğü bulunmuştur. Sakkaroz, dondurmada mükemmel sonuçlar veren tek katı tatlandırıcı kaynağı olarak kullanılabilir (Arbuckle, 1986).

Çözeltilerinin donma noktası, çözeltinin bilinen konsantrasyonu ve moleküler ağırlık ile hesaplanabilir. Verilen ağırlıklar ve çözücü hacimleri ile, donma noktası üzerine etkisi molekül ağırlığı ile ters orantılı olacaktır, yani, daha yüksek moleküler ağırlığa sahip şekerler donma noktasının daha az düşmesine neden olurken, düşük molekül ağırlığına sahip şekerler donma noktasının daha çok düşmesine neden olur (Arbuckle, 1986).

Şeker, genellikle sakkaroz, tat ve donma noktası düşmesi için gereklidir. Çok az şeker çok fazla buz oluşmasına neden olabilir; çok fazla şeker genellikle dondurmayı aşırı tatlı yapar. Bunun üstesinden gelmek için, sakarozun bir kısmı, daha az tatlı olan ve kg şeker başına daha fazla donma noktası düşmesine yol açan glikoz şurubu gibi bir ikame ile değiştirilebilir. Şeker, özellikle suyun çoğu dondurulduğunda daha yüksek bir viskoziteye neden olur. Bununla birlikte, şekerin en önemli rolü, çok daha az suyun donmasına neden olmasıdır. Sonuç olarak, dondurmanın kıvamı daha yumuşak ve ağız hissi soğuk olur (Walstra, Wouters ve Geurts, 2006).

2.1.6 Aroma Maddeleri

Dondurulmuş tatlılarda önemli rol oynayan aroma maddeleri arasında vanilya, çikolata ve kakao, meyve ve meyve özleri, fındık, baharat ve şekerler bulunur. Aroma maddesi seçiminde, kullanılacak olan dondurma karışımının kalitesini dikkate almak önemlidir, çünkü içindeki hafif tatlar, eklenecek aromanın hassas lezzetini gizleyebilir (Arbuckle,1986).

Dondurma üreticisi, bileşenlerin ve karışımların bileşiminin standartlaştırılmasına büyük önem vermiştir, ancak çeşitli nedenlerden dolayı lezzet standardizasyonu sorunları hala mevcuttur:

- Uygun seçim yapmak zordur çünkü mevcut pek çok aroma ürünü vardır.
- Mevcut aroma maddesi temini yıldan yıla değişebilir.
- Servis koşulları, bir lezzetin ne kadar belirgin olacağını etkiler ve böylece tüketici kabulünü etkiler.
- Tüketicilerin hiçbiri tam olarak aynı tat duygusuna sahip olmadığından, lezzet seçimi ile ilgili görüşler çok farklıdır (Arbuckle,1986).

Üretim süreçlerinde aromanın eklenmesinde neden olabilecek sorunlar, lezzet eksikliği veya fazlalığıdır; doğal olmayan, yanlış, taklit veya tipik olmayan lezzet; tatlılık eksikliği veya fazlalığı ve ham lezzet (Arbuckle, 1986).

2.2 Dondurmanın Kalite Parametreleri

2.2.1 Dondurmanın Reolojik Özellikleri

Mekanik ve reolojik özellikler, malzemelerin deforme olduklarında nasıl tepki verdiğinin ölçüsüdür. Katılar, Young'ın modülü, mukavemet ve sertlik gibi mekanik özelliklerle karakterize edilir, sıvılar ise viskozite ve akma stresi gibi reolojik özelliklerle karakterize edilir (Clarke, 2012).

Bir katıya bir gerilim (yani birim alan başına bir kuvvet) uygulandığında (örneğin gerilir, kesilir, bükülür veya ezilir) katı deforme olur, yani uzunluğunu veya şeklini değiştirir. Küçük deformasyonlarda, deformasyon miktarı uygulanan stresle orantılıdır. Malzemenin elastik davrandığı söylenir. Belli bir deformasyonun (elastik sınır) ötesinde malzeme elastik olmayı bırakır ve gerilme giderildiğinde malzeme artık ilk şekline dönmez. Buna plastik deformasyon denir. Malzemeler daha fazla deforme olursa, sonunda kırılır. Silgi gibi bazı malzemeler büyük deformasyonlar için elastikken, hamur gibi diğerleri nispeten küçük bir elastik limite sahiptir, ancak daha sonra büyük plastik

deformasyonlara maruz kalabilirler. Porselen gibi kırılgan malzemeler, kırılmadan önce sadece küçük deformasyonlara dayanabilir (Clarke, 2012).

Dondurma gibi hem katı hem de sıvıların özelliklerini gösteren malzemelerin viskoelastik olduğu söylenir. Deformasyona tepkilerini tanımlamak için iki farklı ölçüm türü gereklidir: katı benzeri özellikler için mekanik özellikler ve sıvı benzeri olanlar için reolojik ölçümler (Clarke, 2012).

Dondurma karışımının reolojik özelliklerindeki değişiklik, stabilizatörlerin yüksek su tutma kapasitesine bağlanır. Stabilizatör miktarındaki bir artış viskozitede çok katlı yükselmeyi artırabilir. Viskozite ve hacim artışındaki pozitif korelasyon, stabilizatörlerin konsantrasyonunda artış ile havanın daha fazla birleşmesine izin verecektir, ancak ürün üzerinde olumsuz bir etkisi olabilecek viskozitede aşırı artış istenmemektedir (Tasneem, Sıddıque, Ahmad ve Farooq, 2013).

Damlacık özelliklerinin reoloji üzerindeki etkisi, emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin azaltılmış yağ versiyonlarını tasarlarken önemli bir husustur. Yağ damlacıkları çıkarıldığında viskozitede bir azalma olur ve hatta jel benzeri bir sıvı ürüne dönüşebilir. Örneğin, etkili bir yağ değiştirme stratejisi kabul edilmediği sürece, yağ damlacığı içeriği belirli bir seviyenin altına düştüğünde, salata soslarının ve mayonezlerin (“kalınlık” ve “kaşık kabiliyeti” gibi) arzu edilen elastik benzeri tekstürel özellikleri kaybolur (McClements, 2015).

2.2.2 Dondurmanın Erime Özellikleri

Dondurmanın erime davranışı (veya erime direnci), bir süre sıcak sıcaklıklara maruz kaldığında erimeye karşı koyma kabiliyetini yansıtır. Diğer termal özelliklerin aksine, erime benzersiz olarak tanımlanmış bir standart fiziksel parametre değildir. Aslında termal iletkenlik, ısı kapasitesi, mikroyapı ve formülasyon gibi birçok faktörü yansıtan ampirik bir ölçüdür. Dondurmanın sıcaklık artışlarına dayanma kabiliyetinin önemli bir ölçüsüdür. Formülasyonun veya işlemin dondurmanın özellikleri üzerindeki etkisini gösterebilir (Clarke, 2012).

Erime analizleri, dondurmanın erime özelliklerini ve şeklini korumak için kullanılır. Dondurmanın erimesi, kütle ve ısı transferi fenomenine bağlıdır. Hidrokolloidler dondurma erime kalitesini etkileyebilir, çünkü suyu bağlama ve daha sonra dondurmaların mikroviskozitesini arttırma kabiliyetine sahiptirler. Daha yüksek hidrokolloid konsantrasyonunun genellikle dondurma erime hızındaki azalma ile doğrudan ilişkisi vardır. Her ne kadar dondurma karışımındaki hidrokolloidler ilavesinde teknolojik ve tüketicilerin kabul edilebilirlik sınırlaması olsa da; ayrıca, erime direnci tatlandırıcılara ve yağsız süt katı (MSNF) kuvvetlendiricilerine de bağlıdır. Artan hidrokolloidler serum mikroviskozitesinde bir artışa neden olur, bu nedenle serumun dondurmanın iç katmanlarından dış katmanlara yayılması daha uzun zaman alacaktır. Dahası, hidrokolloidler, dondurmaların daha sonra ısı transferi ve erime oranını azaltan hacim artışını arttırır (Yousefi vd., 2019).

Dondurma ve depolama boyunca buz kristallerinin kontrolsüz büyümesi, duyusal özellikleri olumsuz yönde etkileyen dondurma tüketimiyle ilgili ana zorluklardan biridir. Hidrokolloidlerin, kristallerin yüzeyine adsorpsiyon, kristallerin su adsorpsiyon oranını değiştirme veya makromoleküllerin ve çözünenlerin buz kristallerinin yüzeyinden uzaklaştığı yayılma oranını değiştirme gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla buz kristalleri ve serum arasındaki arayüzü değiştirebileceği önerilmiştir. Hidrokolloidlerin jelatasyonu, su moleküllerinin yeniden kristalleşmesini suyun hapsolması yoluyla geciktirmesi, literatürde belirtilen bir başka faktördür. Jelin sertliği, kristal büyümesini engelleme kapasitesine bağlanmıştır; bununla birlikte, jellerin kırılganlığı engelleyen bir parametre olacaktır (Yousefi vd., 2019).

2.3 Yağı Azaltılmış Dondurmalar

Kalori açısından zengin gıdaların aşırı tüketimi, obezite, koroner kalp hastalığı, diyabet, hipertansiyon ve kanser gibi kronik insan hastalıklarının görülme sıklığının artmasıyla bağlantılıdır. Bununla birlikte tüketicilerin yönelimine karşılık gıda endüstrisi, düşük kalorili ürünler geliştirerek bu isteğe cevap vermektedir. Bununla birlikte, tüketicilerin arzu ettiği düşük kalorili yiyeceklerin

oluşturulması, kalori açısından zengin bileşenlerin gıdaların genel fizikokimyasal, duyusal ve fizyolojik özelliklerini belirlemede oynadığı önemli rol nedeniyle zordur. Bu nedenle, tüketiciler için uygun, uygun fiyatlı ve arzu edilen düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesi acil bir ihtiyaçtır (McClements, 2015).

Suda yağ emülsiyonları, tuzlar, şekerler, kıvamlaştırıcı ajanlar ve jelleştirici ajanlar gibi çeşitli suda çözünür veya suda dağılabilir bileşenler içerebilen sulu bir ortam içinde dağılmış küçük yağ damlacıklarından oluşur. Emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin genel kalorili içeriği, içerdikleri bileşenlerin türüne ve miktarına göre değişir. Yağlar, ana gıda bileşenlerinin gramı başına en yüksek kaloriye sahiptir ve bu nedenle emülsiyon bazlı gıdaların yağ içeriğini azaltmada önemli çaba sarf edilmiştir. Emülsiyon bazlı gıdaların arzu edilen kalite özellikleri, büyük ölçüde içerdikleri yağ damlacıklarının özelliklerine göre (örneğin bunların miktarı, bileşimi, büyüklüğü, arayüzey özellikleri ve etkileşimleri) belirlenir. Bu yağ damlacıkları emülsiyon bazlı ürünler için optik özellikler, tesktür, ağız hissi, lezzet profili ve biyolojik yanıt (örneğin, açlık, tokluk, doyma ve zevk) için katkıda bulunur. Sonuç olarak, yağ damlacıklarının gıda kalitesinde oynadığı çok sayıda rol kaldırıldıktan sonra gıda emülsiyonlarının arzu edilen kalite özelliklerini korumak için büyük zorluklar olur, genellikle tek bir yağ değiştirme stratejisinin düşük kalorili ürünler oluşturmak için kullanılamadığı anlamına gelir. Bunun yerine farklı yağ değiştirme stratejilerinin kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Ancak bu şekilde fizikokimyasal, duyusal ve biyokimyasal özellikler taklit edilebilir (McClements, 2015).

Nispeten düşük yıllık tüketim seviyelerinde, dondurma genel diyette sadece küçük bir rol oynar ve bir yetişkin için önerilen yıllık enerji alımının tipik olarak %1-3'üne katkıda bulunur (litre başına 1000 kcal sağlayan normal bir vanilyalı dondurmanın ortalama tüketimini varsayarsak). Bununla birlikte, bireysel porsiyon bazında değerlendirildiğinde, yağ toplam ürün enerji içeriğinin yarısından fazlasını üretebilir ve doymuş yağ normalde bunun önemli bir kısmını sağlar. Örneğin, 100 ml'lik bir tam yağlı vanilyalı dondurma, doymuş yağ için bir yetişkinin alması gereken miktarın günlük %50'sine (GDA) ve toplam yağ için bir yetişkinin alması gereken miktarın yaklaşık %20'sine kadar sağlayabilir, ancak

alınması gereken toplam enerjinin (GDA) yalnızca %10'una katkıda bulunur. Bu nedenle, dondurmada yağ ve doymuş yağını azaltmak için teknik seçenekler son yıllarda büyük ilgi gördü ve hafif, az yağlı ve hatta yağsız dondurma örnekleri ürünleri dünya çapında piyasada ortaya çıktı (Underdown, 2011).

Yağ, en yoğun enerji içeriğidir ve bu nedenle dondurmanın enerji içeriğini azaltmaya çalışırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli maddedir. Bir dondurma formülasyonundaki yağ miktarını suyla değiştirmek veya diğer tüm bileşenlerin miktarlarını orantılı olarak artırarak azaltmak mümkündür. Her ikisi de dondurmanın buz içeriğinde bir artışa ve dolayısıyla daha buzlu tekstüre neden olur. Buz içeriğindeki artış, formülasyondaki şeker miktarını artırarak telafi edilebili, böylece donma noktasının daha fazla düşmesi sağlanır. Ancak, yağın temel işlevleri diğer bileşenler tarafından gerçekleştirilemez, bu nedenle karışım dondurucuda iyi havalandırılmaz ve elde edilen dondurma ince, hızlı eriyen bir dokuya, dengesiz bir lezzet profiline ve zayıf depolama stabilitesine sahip olur (Clarke,2012).

Yağ damlacıkları çıkarıldığında arzu edilen tesktürel özelliklerin kaybını telafi etmek için çeşitli yaklaşımlar kullanılabilir. Düşük kalorili bir suda yağ emülsiyonunun viskozitesi, nişasta granülleri veya hidrokolloidler gibi kıvam artırıcılar ile arttırılabilir. Alternatif olarak, protein parçacıkları, hidrojel parçacıkları, hava kabarcıkları veya kristal selüloz gibi yağ damlacıklarının akış özelliklerini taklit eden yağsız parçacıklar eklenerek emülsiyon viskozitesi arttırılabilir. Bazı azaltılmış yağ ürünlerinin tesktürü, yağ damlacığı flokülasyonunu indükleyerek arttırılabilir, çünkü bu, daha yüksek bir viskoziteye ve hatta elastik benzeri özelliklere sahip üç boyutlu bir ağın oluşumuna yol açabilir (McClements, 2015). Sıvı gıda ürününün viskozitesinde bir artış genellikle gıda ürününün kremliliğinin daha yüksek derecelerine yol açar. Özellikle yüksek yağ içeriklerinde, emülsiyon damlacıklarının varlığı, gıda ürününün viskozitesini önemli ölçüde artırabilir. Bu, örneğin, sütle (%3,5 yağ) karşılaştırıldığında tam kremanın (%40 yağ) daha yüksek algılanan koyuluğunu açıklar. Bu nedenle yağ içeriğinde bir azalma, bu nedenle daha az kremsi olarak derecelendirilen daha ince bir ürüne yol açar. Bu genellikle polisakkarit kıvam

artırıcılar veya nişastalar eklenerek telafi edilir. Bu yaklaşım nispeten koyu gıda ürünleri için değerini kanıtlamış olsa da, bazı olası dezavantajlar vardır. Özellikle ağızda eridikten sonra süt veya dondurma gibi ince sıvı ürünler için, bir kıvam artırıcının eklenmesi, gıda ürününün algılanan koyuluğunu da artıracaktır, bu da istenmeyen bir durum olabilir. Dahası, daha yüksek bir kıvam artırıcı içeriği algılanan ağız hissini daha zayıflığa doğru değiştirebilir (Goff ve Hartel, 2013).

Yağın fizikokimyasal ve termal özelliklerinin dondurmanın yapısal ve tekstürel unsurlarının gelişimi için önemli faktörler olduğu tespit edilmiştir. Dondurucu çırpma işlemi sırasında, yağ damlacıkları içinde bulunan yağ kristalleri hareket eder ve yağ damlacıkları yüzeyinin nüfuz etmesine ve kopmasına yol açan yağ-su ara yüzeyinde ve kısmen başlangıç yapısal kimliklerini koruyan, ancak karmaşık bir şekilde bağlı olan yağ kümelerinin oluşumunda bulunur. Yağ damlacıklarının kümelenmesi, kolloidal yapıları (hava hücreleri veya buz kristalleri) hareketsizleştiren ve stabilize eden, erime direncini ve şekil tutulmasını geliştiren ve kremsilik, ağız kaplaması ve dil yağlanması gibi önemli organoleptik özellikler veren üç boyutlu bir ağın oluşturulmasına izin verir. Dondurma üretimi sırasında kısmi birleşme süt yağı damlacıkları membran bileşimi, amfifilik yüzey aktif maddelerin varlığı, kristalize yağ miktarı ve yağ agregasyonunun mekanizması (ortokinetik veya perikinetik) gibi birçok faktörden etkilenir (Soukalis ve Fisk, 2014).

Geleneksel dondurmada süt yağının kullanımı, kısmi birleşmeyi teşvik etmek ve iyi organoleptik özellikler kazandırmak için yeterli kristalize yağ sağlar. Tüketicilerin daha sağlıklı dondurma arzusu, süt yağının bitkisel yağlar ve yağlarla değiştirilmesini teşvik etmiştir. Bununla birlikte, birçok durumda süt yağı ikamesine yağ destabilizasyonu, kolloidal stabilite, erime direnci ve duyusal özelliklerde değişiklikler eşlik eder. Kristalize yağ miktarının kontrolü dondurma yapısı ve tekstür gelişimi için çok önemlidir (Soukalis vd., 2014).

Düşük yağlı dondurma elde etmek için ürün formülasyonundaki iyileştirmeler, çeşitli mekanizmalar aracılığıyla lezzet profilinde bir dengesizlik

oluşturabileceğinden, yağın eksikliğini veya değiştirilmesini telafi etmek için gıda sisteminde değişiklikler gereklidir. Bu nedenle, sağlık bilincine sahip tüketicilerin taleplerini karşılayan son derece lezzetli yağı azaltılmış dondurma üretmeye odaklanan birçok araştırmacı tarafından stratejiler incelenmiştir ve olumlu sonuçlar olmuştur. İyi kabul gören ürünlerin geliştirilmesi ve bu alanda alınan gelişmeler, giderek daha yüksek katma değere sahip daha sağlıklı alternatifler arayan tüketici pazarı için çok olumludur (Rios vd, 2014).

Yağ azaltma, yiyeceklerden gelen kalorileri ortadan kaldırmanın bir yoludur, çünkü yağ, gram başına diğer makro besinlerden daha fazla enerji sağlar. Ayrıca, süt yağının yüksek maliyeti göz önüne alındığında, üreticiler yağları azaltarak maliyetleri düşürmek için motive olabilirler. Ancak, tüketicilerin az yağlı ürünlerin kalitesi düşük olduğu için eğiliminde olduğunu kabul etmeliyiz. Dondurmada yağ azaltmanın bir yolu sadece suyla değiştirmeyi içerir. Bu strateji, daha az katı karışım ve daha düşük viskozite, sertlikte bir artış ve daha hızlı bir erime oranı ile sonuçlanır. Daha yaygın olarak, yağ bir hacim arttırıcı madde ile değiştirilir (yapısal destek sağlamak ve duyusal özellikleri geliştirmek için). Hacim artırıcı maddeler genellikle yağa göre daha düşük enerji içeriği ve su adsorpsiyon özellikleri nedeniyle kullanılan karbonhidrat veya protein bileşenleridir (Rolon, Bakke, Coupland, Hayes ve Roberts, 2017).

Süt yağı dondurma tekstüründe belirleyici bir faktördür; bu nedenle dondurmada yağın azaltılması, buzlanma ve kalınlık, kırılgan yapı ve büzülme gibi nihai üründe tekstürel kusurlara yol açabilir. Dondurmada, küresel hava kabarcıkları (hava kabarcıklarının çapı yaklaşık 20 ila 50 μm arasında değişir) genellikle kazeinler, kısmen denatüre peynir altı suyu proteinleri ve emülgatörler ile çevrili kısmen birleşmiş yağ damlacıkları ağı ile çevrilidir. Aslında kısmen birleşmiş yağ, dondurmada hava kabarcıklarını ve köpük yapısını stabilize eden ve bu nedenle erime davranışını iyileştirmede de gerekli olan bir yağ ağının oluşmasına neden olur (Akbari vd, 2019).

Süt yağı da depolama sırasında dondurma lezzetinde önemli bir rol oynar, çünkü yağ önemli lezzet notaları için ana taşıyıcı görevi görür. Yağ, dondurma lezzetini

üç şekilde etkileyebilir: dondurmada zengin, dolu ve kremsi lezzete katkıda bulunarak; hidroliz ve oksidasyon reaksiyonlarına katılarak; nihai üründe lezzetli uçucu bileşenlerin algılanmasına yardımcı olarak. Ayrıca süt yağı, tesktür, ağız hissi, kremlilik ve genel yağlılık hissi geliştirmek için diğer bileşenlerle reaksiyona girer (Akbari vd, 2019).

Yağ içeriğini azaltmak veya yeni kaynakları test etmek için süt yağı ve bitkisel yağlar ikame edilebilir. Az yağlı veya yağsız formülasyonlar genellikle yapıdaki yağ eksikliğini en aza indirmek için yapı ajanları ekleyerek test edilir. Buna ek olarak, yağ ikameleri, maliyetleri azaltmak ve yeni ürünler oluşturmak için yeni kaynakların mevcudiyeti nedeniyle test edilmiştir (Rios vd, 2014).

Alternatif bir yaklaşım hacim artışını arttırmaktır, böylece belirli bir dondurma hacmi için yağ, şeker ve enerji içeriği azalır. Bununla birlikte, yüksek düzeyde yağ kullanmadan yaklaşık %120'nin üzerindeki hacim artışlarını stabilize etmek zordur. Ayrıca, çok yüksek hacmi artan dondurma çok yumuşaktır ve yenildiğinde yapıdan yoksundur (Clarke, 2012).

Maltodekstrinler, nişastanın kısmi hidrolizi ile üretilen polisakkaritler, dondurulmuş tatlılarda yaygın bir hacim arttırıcı maddedir. Düşük yağlı dondurma karışımında maltodekstrin, polidekstroz ve inülin kullanımının viskoziteyi arttırdığı ve hızlı eriyen dondurulmuş tatlılar ürettiği gösterilmiştir. %2 yağlı buzlu sütte maltodekstrin kullanımı, hacim artırıcı olarak protein bileşenleri içeren dondurmalardan daha yüksek viskoziteye ve daha düşük çırpma kabiliyetine sahip bir ürün vermiştir (Rolon vd, 2017).

Yapılan bir çalışmada, yüksek (%11 yağ), orta (%6 yağ) ve düşük yağlı (%1) dondurmalarda farklı seviyelerde (%0, 1 ve %2) sitrik asit ile muamele edilmiş tatlı patates nişastasının yağ ikamesi (FR) olarak uygulanması araştırılmıştır. Sonuçlar, tüm azaltılmış yağlı dondurmalarda sertlik değerinin %1 FR ilavesiyle iyileşme eğiliminde olduğunu göstermiştir. 60 Günlük depolama sırasında, dondurma örneklerinin hacim artışı, asitliği ve sertlik değerlerinde azalan bir eğilim fark edildi. Genel duyusal skor, %1 FR (orta yağlı dondurma ve az yağlı dondurma) ile yağı azaltılmış dondurmaların, benzer fizikokimyasal özelliklere

sahip duyusal paneller tarafından çok kabul edilebilir ve depolama süresinin sonunda yüksek yağlı dondurma (kontrol) olarak kabul edildiğini iletti. Sitrik asit işlenmiş tatlı patates nişastası, dondurma üretiminde yağ ikamesi olarak umut verici bir alternatif olduğunu kanıtladı (Babu, Parimavalli ve Mohan, 2018).

Bir çalışmada yağı azaltılmış dondurma üretiminde stabilizatörlerin mikrobiyal transglutaminaz (MTG) enzimiyle değiştirilme olasılığı araştırılmıştır. Ayrıca MTG enziminin dondurmaya eklenmesi (ısıl işlemden önce veya sonra) aşaması da araştırılmıştır. Sonuçlara göre, stabilizatör miktarı, yağ azaltılmış dondurmada MTG enzimi kullanılarak yarı yarıya azaltılabilir. Sonuçlar ayrıca, MTG enziminin stabilizatör ile uygulanmasının, dondurma örneklerinin duyusal ve fiziksel özelliklerini açıkça geliştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, stabilizatör olmadan MTG enziminin uygulanması, yağ azaltılmış dondurma üretiminde uygun bulunmamıştır. Ayrıca ısıl işlem sonrası MTG ilavesinin dondurma örneklerinin fiziksel ve duyusal özellikleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, MTG enzimi, ısıl işlemden sonra yağ azaltılmış dondurma üretiminde stabilizatör miktarını azaltmak için kullanılabilir (Akin, Goncu ve Akin, 2019).

2.4 Soğuk Pres Yağ Atıkları ve Geri Kazanım Potansiyelleri

Çeşitli yağlar farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilmiş ve eski zamanlardan beri fonksiyonel gıda maddeleri/takviyeleri olarak kullanılmıştır. Soğuk presleme, en eski yağ ekstraksiyon tekniklerinden biri, herhangi bir ısıl işlem, rafine etme işlemleri ve/veya solvent ekstraksiyonunun dahil olmadığı tohum yağı üretim yöntemlerinden biridir. Bilindiği gibi, soğuk presleme çözücü ekstraksiyon tekniği ve yüksek sıcaklık işleme kadar bir ekstraksiyon verimi vermez ve presleme sonrası çok miktarda yağ, yağ kaynağından geri alınamaz; bununla birlikte, besleyici yağ bileşenlerinin bozulmasını en aza indirgemek için büyük bir avantaja sahiptir. Atık yağ kısmı, soğuk pres yağının yan ürünlerinin depolama stabilitesi, işlevselliği ve beslenme özellikleri için de önemlidir (Karaman vd., 2015)

Yağ üretimi için çok sayıda bitki kullanılmaktadır ve tüm dünyada farklı ekstraksiyon teknikleriyle işlenmektedir. Yağ üretimi ile ilgili en büyük dezavantaj, işleme sırasında oluşan ürünlerin/atıkların çevreye salınması, gelen toplam hammaddenin yaklaşık %10 ila 30'unu oluşturması ve bazı çevresel problemler oluşturmasıdır. Bu nedenle, gıda endüstrisi için uygun atık bertarafı ve yan ürün yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ve böylece çevresel risklerin azaltılması çok önemlidir. Gıda atıkları yönetimi için anaerobik sindirim için kompostlama, biyoremediasyon ve hammadde üretimi gibi çeşitli stratejiler önerilmiştir (Karaman vd., 2015).

Yan ürünlerin geri kazanım potansiyeli kimyasal ve fonksiyonel ve antimikrobiyal özellikler gibi diğer bazı özelliklere dayanmaktadır. Bu sayede yan ürünlerin kullanım amacı belirlenebilir. Farklı gıda ürünlerinin zenginleştirilmesi veya renklendiriciler, antimikrobiyaller, diyet lifleri gibi farklı gıda bileşenlerinin üretimi için bir kaynak olarak kullanılabilirler. Besin bileşenlerinin gıda atıklarından geri kazanılması, antioksidan ve antimikrobiyal gibi biyoaktif özelliklere sahip yüksek miktarda aktif bileşiklere sahip oldukları gösterildiğinden alternatif bir kullanım yolu olarak önerilmiştir (Karaman vd.,2015).

Yağlı tohumlar ve atıkları, protein açısından zengin değerli beslenme ve biyoaktif bileşen kaynağı hammaddelerdir. Bu nedenle son yıllarda yağlı tohumlar, gıda ve nutrasötik endüstrilerde giderek daha popüler bir alternatif protein kaynağı haline gelmiştir. Özellikleri beslenme uzmanları ve gıda üreticileri tarafından geniş çapta tanıtılmaktadır ve bu nedenle tüketicilerin yeni sağlık yanlısı içeriklere olan ilgisi dünya çapında hızla artmaktadır. Çeşitli işlenmiş gıda ürünleri, özellikle et, unlu mamuller ve süt ürünleri, gıda alerjileri, bağırsak hastalıkları, metabolik sendrom, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi bazı sağlık sorunlarıyla mücadele eden tüketicilere tahsis edilecek yağlı tohum atığı veya yağlı tohum protein hidrolizatları ile desteklenebilir. Son yıllarda, çeşitli bitkilerden elde edilen yağlı tohumların amino asit bileşimi ve beslenme ve sağlık yararları konusunda önemli ilerleme kaydedilmiştir; bununla birlikte, proteinlerin çoğunun hala karakterize edilmesi gerekir ve protein ve peptit

biyoaktivitesi daha derin bilimsel araştırma gerektirir. Buna rağmen yağlı tohum proteinleri, gıda endüstrisinde fonksiyonel bileşenler veya protein ikame maddeleri olarak büyük bir potansiyele sahiptir (Kotecka-Majchrzak, Sumara, Fornal ve Montowska, 2020).

Yapılan bir çalışmada badem, ceviz, üzüm çekirdeği ve narın soğuk pres yağ yan ürünlerinin fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri, yağ asidi ve mineral bileşimi, antibakteriyel aktivitesi ve uçucu profilleri belirlenmiştir. Genel olarak, yan ürünlerin fenolik bileşikler, flavonoidler ve tanenler de dahil olmak üzere önemli miktarda protein ve biyoaktif bileşiklere sahip olduğu bulunmuştur. Nar ve üzüm çekirdeği soğuk pres yağ yan ürünlerinde önemli miktarda ham lif tespit edilmiş, yeni diyet lifi kaynakları olarak değerlendirilmeleri önem kazanmıştır. Badem ve nar özleri, test edilen patojenik bakterilere karşı önemli antibakteriyel aktivite gösterdi ve antimikrobiyal potansiyellerini gösterirken, üzüm ve cevizin herhangi bir inhibitör etkisi yoktu. Limonen, tüm ürünlerin en bol uçucu bileşeniydi. Sonuç olarak, bu çalışma, nar, ceviz, üzüm çekirdeği ve badem soğuk pres yağı yan ürünlerinin, gıda maddelerinin zenginleştirilmesi amacıyla gıda endüstrisinin farklı alanlarında kullanılmak üzere farklı yönlerden değerli potansiyellere ve niteliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur (Karaman vd,2015).

Keten tohumu yağı ekstraksiyonu, ekolojik açıdan da pahalı bir işlem olan önemli miktarda yan ürünün (yağ atığı) üretilmesine neden olur. Yağ atıkları, fonksiyonel gıda bileşenleri, katkı maddeleri, biyoteknolojik işlemler için destek veya yem olarak potansiyel uygulamalara sahip proteinler ve nutrasötikler içerir. Yapılan çalışmalarda bildirildiği gibi soğuk pres yağ ekstraksiyonundan sonra keten tohumu yağı atığı tüm tohumlardan daha yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğu için at yeminde zaten kullanılmaktadır (Mannucci vd., 2019).

3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada dondurma örnekleri üretilirken soğuk pres keten tohumu yağı atığı (FOB), ksantan gam, yumurta sarısı , süt kreması (en az %35 süt yağı), şeker ve su kullanılmıştır. Soğuk pres keten tohumu yağı atığı (ONEVA Food Co, İstanbul, Türkiye) 'den temin edilmiştir. Kullanılan soğuk pres keten tohumu yağı atığı, yaş bazda %88,6 kuru madde, %9,15 yağ, %27,67 protein, %46,37 karbonhidrat ve %2,87 kül içeriğine sahiptir. Soğuk pres keten tohumu yağ atığı öğütülmemiş formda temin edilmiştir. Patikül boyutunu küçülterek çözünürlüğü artırmak için öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 2.1'de öğütülmemiş ve öğütülmüş soğuk pres keten tohumu yağı atığının görüntüsü verilmiştir. Ksantan gam ve yumurta sarısı tozu Sigma-Aldrich'ten (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) ve çalışmada kullanılan şeker ve süt kreması yerel marketten temin edilmiştir.



Şekil 2.1 Öğütülmemiş ve öğütülmüş keten tohumu yağı atığı

3.2 Yöntem

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak dondurma örnekleri için Design Expert programı aracılığıyla 17 farklı noktada yanıt elde edilmiş ve akış davranış özelliklerine göre formülasyon optimizasyonu yapılmıştır. İkinci aşamada, belirlenen formülasyonlara göre üretilen dondurma örneklerinin dinamik reolojik ve erime profili özellikleri incelenerek karakterize edilmiştir.

3.3 Deneysel Dizayn

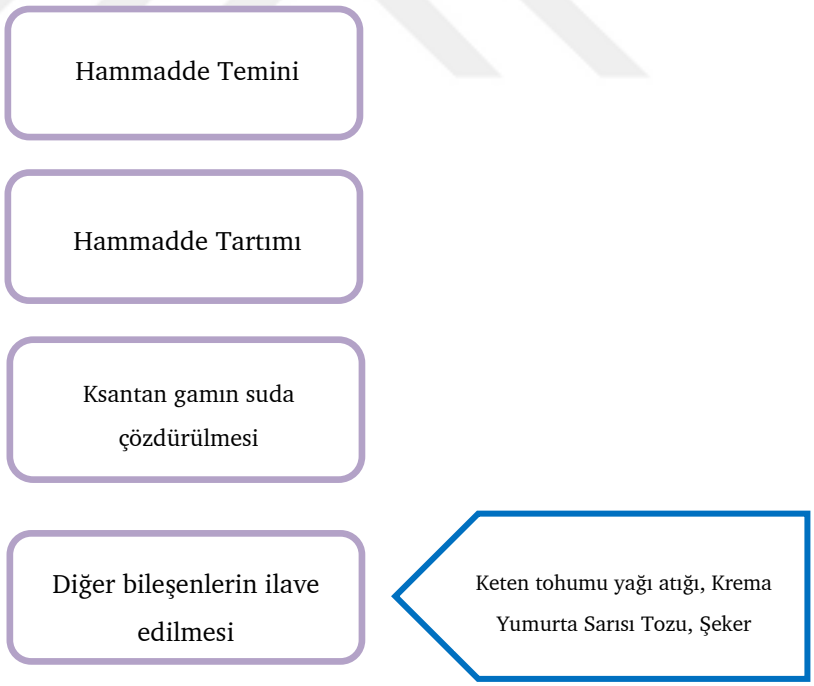
Çalışmada kullanılacak dondurma formülasyonları Design Expert (Version 7 Stat-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) programından elde edilen deneme tasarımına göre belirlenmiştir. Az yağlı dondurmayı (0,5 ≤ süt yağı <3) temsilen %2,5 yağ oranı, yarım yağlı dondurmayı (3 ≤ süt yağı <8) temsilen %7,5 yağ oranı ve tam yağlı dondurmayı (süt yağı ≥ 12) temsilen %12,5 yağ oranı kullanılmıştır. Yağ, ksantan gam ve atık oranları formülasyonlarda değişmekte olup şeker ve emülgatör miktarları sabit tutulmuştur. Bu şekilde elde edilen 17 formülasyon Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Dondurma karışımları formülasyonu için deneme dizaynı

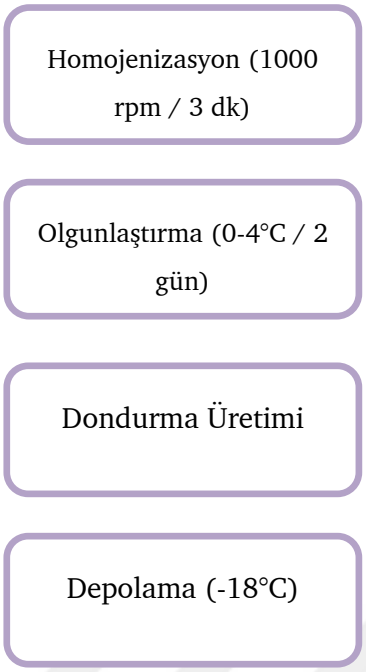
Örnekler	Gam (%)	Yağ (%)	Atık (%)
D1	0,30	7,5	3
D2	0,20	12,5	1
D3	0,40	2,5	3
D4	0,40	2,5	1
D5	0,30	12,5	2
D6	0,20	7,5	2
D7	0,30	2,5	2
D8	0,20	12,5	3
D9	0,30	7,5	1
D10	0,20	2,5	1
D11	0,40	12,5	3
D12	0,40	7,5	2
D13	0,30	7,5	2
D14	0,30	7,5	2
D15	0,40	12,5	1
D16	0,30	7,5	2
D17	0,20	2,5	3

3.4 Dondurma Örneklerinin Üretimi

Dondurma üretiminde kullanmak üzere öğütülmemiş olarak temin edilen soğuk pres keten tohumu yağ atığı un değirmeni (Karmatte patent no:2005-018.11, Türkiye) kullanılarak öğütülmüştür. Dondurma üretiminin ilk aşamasında belirlenen formülasyonlara göre ksantan gam ve su tartımı gerçekleştirilmiştir. Su beher içerisine alınarak manyetik karıştırıcıda 1000 rpm'de karıştırılırken tartılan ksantan gam topaklanma olmamasına dikkat edilerek yavaş yavaş ilave edilmiştir. Daha sonra formülasyona göre tartılan soğuk pres keten tohumu yağı atığı ilave edilip karıştırılmaya devam edilmiştir. Daha sonra ise sırasıyla krema, yumurta sarısı tozu ve şeker ilave edilip karıştırılmıştır. Ardından örneklere ultra turaks ile (Daihan, HG-15D) 1000 rpm'de 3 dakika homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonrası dondurma karışımı örnekleri 0-4°C'de 2 gün olgunlaşması için bekletilmiştir. Sonrasında karışımlardan dondurma makinası (DeLonghi IL Gelataio ICK5000, İtalya) kullanılarak dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Dondurma örnekleri analizler için -18°C'de depolanmıştır.



Şekil 2.2 Dondurma örneklerinin üretimi



Şekil 2.2 Dondurma örneklerinin üretimi (devamı)

3.5 Reolojik Özellikler

Soğuk pres keten tohumu yağ atığının kullanıldığı dondurma karışım örneklerine ait akış davranış reolojik özellikleri ve dinamik reolojik özellikler sıcaklık kontrollü reometre (MCR 302, Anton Paar, Avustralya) kullanılarak belirlenmiştir. Reolojik ölçümde paralel plakalı prob (PP50, Anton Paar, Avustralya) kullanılmıştır. Tüm reolojik analizler 25°C'de yapılmıştır.

3.6 Akış Davranış Reolojik Özellikler

Soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılarak üretilen dondurma karışım örneklerinin akış davranış reolojik özellikleri paralel plakalı prob (plaka çapı 50 mm, aralık boyutu 0,5 mm) kullanılarak kesme hızı 0,1-100 (1/s) aralığında belirlenmiştir. Ölçüm sabit sıcaklıkta 25°C'de gerçekleştirilmiş ve her örnek için 2 paralel çalışılmıştır. Reolojik analiz sonucunda elde edilen veriler Power Law model ve doğrusal olmayan regresyon kullanılarak akış için kesme hızına karşılık gelen kayma gerilimi ve görünür viskozite değerleri hesaplanmıştır;

$$\tau = K\gamma n \quad (2.1)$$

Eşitlikte τ değeri kayma gerilimini (Pa), K kıvam katsayısını $(Pasn)$, γ kesme hızını $(s-1)$ ve n ise akış davranış indeksini simgelemektedir.

3.7 Dinamik Reolojik Özellikler

Dondurma karışım örneklerinin dinamik reolojik analizleri için paralel plate konfigürasyonu kullanılmıştır. Başlangıçta lineer viskoelastik bölgeyi belirlemek için genlik tarama testi %0,1 ve %100 gerinim aralığında gerçekleştirilmiş ve bunun sonucuna göre frekans sweep testi 0,1-10 Hz frekans ve 0,1-64 (ω) açısal hız aralığında çalışılmıştır. Açısal hız ve frekans değerine karşılık gelen elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G'') değerleri tespit edilmiştir. Dinamik reolojik özellikler ile ilgili parametreler Power Law model ve lineer olmayan regresyon kullanılarak bulunmuştur;

$$G' = K'(\omega)n' \quad (2.2)$$

$$G'' = K''(\omega)n'' \quad (2.3)$$

Denklemde G' değeri depolama modülünü (Pa), G'' değeri kayıp modülü (Pa), ω açısal hız değerini (s^{-1}), K', K'' kıvam katsayısı değerlerini $(Pa.sn)$ ve n', n'' değerleri ise akış davranış indeksi değerlerini simgelemektedir.

3.8 Erime Profili Özellikleri

Soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılarak üretilen dondurma örneklerinin reoloji sonuçlarına göre farklı atık konsantrasyonları içeren yüksek arzu edilirlik (1) değerine sahip az yağlı formülasyonlar belirlenmiştir. Bu formülasyondan aynı yöntemle dondurma üretimi gerçekleştirmiştir. Optimum örneklerin erime profil özelliklerinin tespiti için atmosfer basıncında çalışan bir DTA-DSC (diferansiyel taramalı kalorimetri) (STA44gf3, Netzsch, Almanya) kullanılmıştır. Bu analiz için yaklaşık 10 mg numune Al_20_3 panlara tartılıp -20 - 20 ° C sıcaklık aralığında 1°C / dk. lineer ısıtma hızında ısıtılmıştır. Deneyler, 50 mL/dk. bir

akış hızında Ar atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma 2 parallelli olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin formülasyonu Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Dondurma örneklerinin formülasyonu

Örnekler	Gam (%)	Yağ (%)	Atık (%)
K1	0,35	12,5	0
K2	0,35	2,5	0
N1	0,40	2,5	2,5
N2	0,35	2,5	2,9
N3	0,30	2,5	3

3.9 İstatiksel Analiz

Dondurma üretimi optimizasyon olduğu için tekerrürsüz gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen verilerin istatiksel analizi ANOVA varyans analizi ile gerçekleştirilmiştir. Soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılan dondurma örneklerinin analiz sonuçları ortalama ± standart sapma olarak gösterilmiştir. Sonuçlar Design Expert (Stat-Ease Inc. version 7.0, Minneapolis) yazılımı kullanılarak kuadratik model ile modellenmiştir. İstatistiksel uygulamalar ise Statistica paket bilgisayar programıyla (IBM, USA) yürütülmüştür. Uygulanan reolojik analizler sonucunda Power Law model parametreleri lineer olmayan regresyon analizleri yardımıyla hesap edilmiştir. Lineer olmayan regresyon analizleri için Statistica yazılım programı (Stat Soft Inc., Tulsa, UK) kullanılmıştır.

4
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Akış Davranış Özellikleri

Sürekli sistemlerde karışım proses ekipmanlarından / borularından geçmek zorunda olduğundan akış davranışı karışımlar için önemli bir parametredir. Dolayısıyla akış davranışını reolojik çalışmalarla incelemek önem taşımaktadır. Bu çalışmada dondurma karışımlarının formülasyon optimizasyonu için yatışkan faz reolojik özelliklerine ait veriler kullanılmıştır. 17 farklı deneme noktasından elde edilen dondurma karışımlarının akış davranış reolojik özelliklerine ait grafikler Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Dondurma karışımlarının kesme hızındaki artışa karşı karışımların kayma geriliminde azalma meydana gelmiştir. Dondurma karışımlarının akış davranışı kayma incelmesi (shear thinning) olarak belirlenmiştir. Kayma incelmesi davranışı, karışımın işlenmesi için pompa boyutunun seçiminde önemli bir faktördür (Goff vd., 2013). Dondurma örnekleri genellikle $0 < n < 1$ akış davranış indeksleri ile kayma incelmesi (psödoplastik) davranışı gösterir (Norton, Spyropoulos ve Cox, 2010). Akış eğrileri (Şekil 3.1) ve akış-davranış indeksi değerleri incelendiğinde, tüm karışımların Newtonyen olmayan psödoplastik davranış sergiledikleri bulunmuştur, bu da soğuk pres keten tohumu yağı atığı eklenmesinin numunelerin kayma incelmesi davranışını etkilemediğini göstermektedir (0,23-0,42).

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi artan kesme hızına karşı karışımların kayma geriliminde azalma olmuştur. Bu durum numunelerde viskozitenin azaldığını göstermektedir. Viskozitedeki azalma dondurmanın karakteristik özelliği olan kayma incelmesi davranışını doğrular. Viskozitedeki azalma, zincirlerin yapısal olarak parçalanması ve moleküller arasındaki etkileşim ile açıklanabilir. Başlangıçta, moleküller rastgele düzenlenir, bu da daha düşük kesme hızlarında bile daha yüksek viskoziteye yol açar. Bununla birlikte, kesme hızları arttıkça,

moleküller arası sürtünme artar ve viskozite azaldıkça moleküller daha sistematik (tek yönlü) hizalanır (Sharma, Singh ve Yadav, 2017).

Dondurma karışımlarına ait kıvam katsayısı (K) ve n değerleri Power Law model kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 2.1'de deneme dizaynı ile oluşturulan 17 farklı noktanın hesaplanan Power Law model parametreleri ve determinasyon katsayısı (R^2) gösterilmiştir. Power Law modeline ait R^2 değerleri 0,97-0,99 arasında değişmektedir. R^2 değeri analizler sonucunda elde edilen deneysel veriler ile model kullanılarak elde edilen tahmini verilerin yakınlığını temsil etmektedir. R^2 değerlerinin 1'e yakın olması kullanılan modelin doğruluğunu göstermektedir. Bu durum Power Law modelin, dondurma karışımlarının akış davranış özelliklerini belirlemek için uygun olduğunu göstermektedir. Formülasyon içeriğine göre K ve n değerleri farklılık göstermiş ve sırasıyla 1,77-19,9 Pas^n, 0,23-0,36 olarak bulunmuştur.

Deneme dizaynına göre hazırlanan dondurma karışımlarının akış davranış reolojik özelliklerine bakıldığında (Tablo 3.1) en düşük K değerine sahip formülasyon 10 numaralı (% 0,2 stabilizatör, % 2,5 yağ, %1 soğuk pres keten tohumu yağ atığı), en yüksek K değerine sahip örnek ise 11 numaralı (% 0,4 stabilizatör, % 12,5 yağ, % 3 soğuk pres keten tohumu yağı atığı) örnektir.

Viskozite, akmaya karşı direnç olarak tanımlanır ve miktarı ne kadar yüksekse dondurma karışımlarının dondurulması ve havalandırılması için o kadar daha fazla kuvvet gerekir (Marshall ve Arbuckle, 1996). Viskozite, dondurma karışımının en önemli reolojik özelliklerinden biridir ve ayrıca dondurulmamış dondurmanın karışım bileşimi, türü ve kalitesinden etkilenen kısmıdır (Goff vd., 2013). Tüm dondurma karışımlarının n değerlerinin 1'den küçük olduğu Tablo 3.1' de görülmektedir. n değerinin 1'den küçük olması karışımın pseudoplastik (newtonian olmayan) özellik gösterdiğini ifade etmektedir. Yapılan araştırma bulguları, bu davranışın sistemdeki kurucu moleküllerin gruplaşmasından kaynaklanabileceğini göstermiştir. Yağ globüllerinin birikimi, dondurma karışımının psödoplastik davranışından bir dereceye kadar sorumludur (Aime, Arntfield, Malcolmson, Ryland, 2001). n değerinin 1'e yaklaşması karışımın akış

davranışının newtonian özelliğe yaklaştığını göstermektedir. Dondurma karışımlarının pseudoplastik özellikte olması yani n değerinin 0'a yakın olması arzu edilir. Yüksek viskoziteli dondurma karışımı zor çırpmaya ve dondurmaya, düşük viskoziteli karışım hava kabarcıklarına ve dondurma ürünlerinin kalite özelliklerini etkileyen zayıf stabiliteye neden olabilir (Zhang vd., 2018).

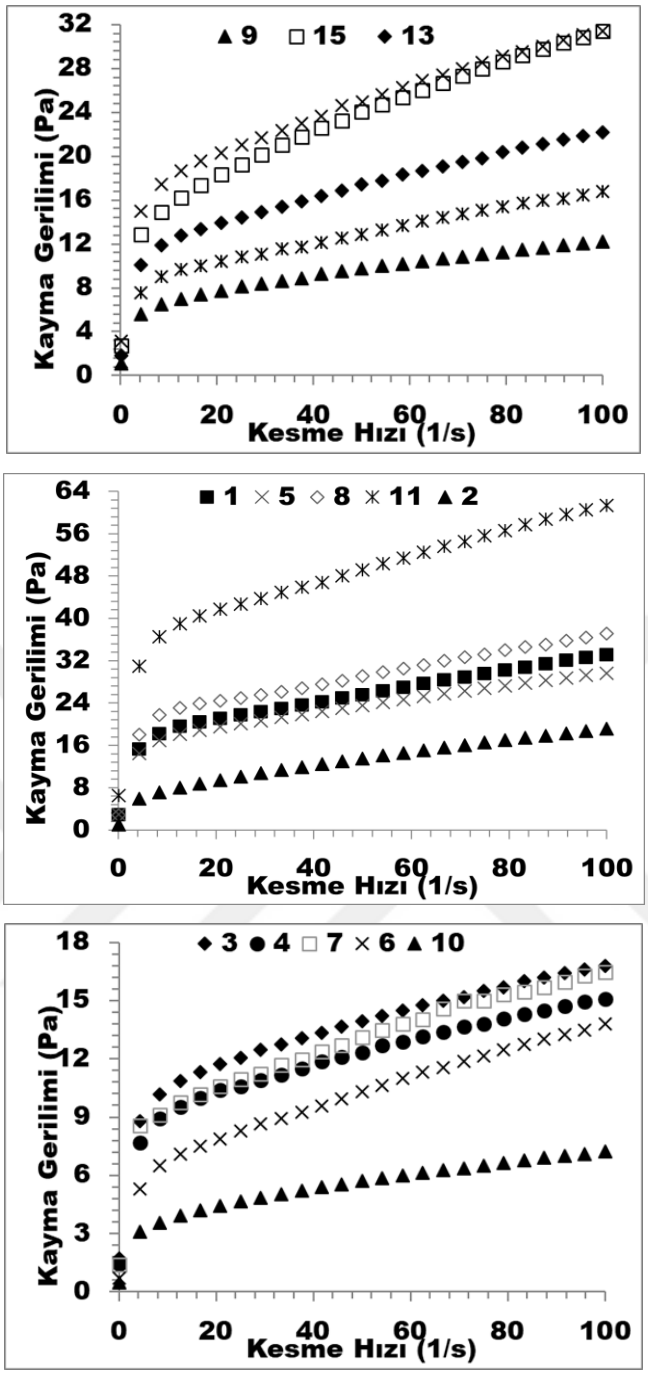
Yapılan bir çalışmada yağı azaltılmış dondurma karışımlarında yağ ikame maddesi olarak modifiye nişasta kullanılmıştır. Dondurma karışımların akış davranış özellikleri incelenmiştir. %7,5 yağlı ve %1 modifiye nişasta içeren karışımın K ve n değerleri sırasıyla 2,06 Pasn, 0,16; %5 yağlı ve %2 modifiye nişasta içeren karışımın ise K ve n değerleri sırasıyla 3,02 Pa.sn, 0,30 olarak bulunmuştur (Sharma vd, 2017).

Yapılan bir diğer çalışmada da yağ oranı azaltılmış dondurma karışımlarında süt protein konsantresi kullanılarak reolojik ve duyusal özellikleri incelenmiştir. %2 yağ oranına sahip dondurma karışımlarında %2, %4 ve %6 oranlarında süt protein konsantresi kullanılmıştır. Dondurma karışımlarının K ve n değerleri sırasıyla 0,26–1,54 Pasn ,0,73–0,65 aralığında bulunmuştur (Mostafavi, Tehrani ve Mohebbi, 2017).

Dört diyet lifi kaynağının (yulaf, buğday, elma ve inülin) dondurma karışımlarının reolojik ve termal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada karışımların K ve n değerleri sırasıyla 0.14-12.81 Pa.sn, 0.45-0.84 aralığında bulunmuştur (Soukoulis, Lebesi ve Tzia, 2009). Farklı formülasyonlarla üretilen dondurma karışımlarının akış davranış özellikleri incelendiğinde kesme hızındaki artışa karşılık viskozite azalmıştır, karışımlar kesme incelmesi akış davranışı göstermiştir.

Keten tohumu yağ, protein ve diyet lifi açısından zengindir. Keten tohumunun kimyasal analizinde ortalama %30-40 yağ, %20-25 protein, %20-28 toplam diyet lifi, %4-8 nem ve %3-4 kül bulunmuştur ve yağında A, B, D ve E vitaminleri, mineraller ve amino asitleri içerir. Keten tohumları ayrıca önemli miktarlarda (%5-8) çözünür lifli zamklı malzeme içerir ve yüksek su tutma kapasitesine

sahiptir ve arap zamkına benzer işlevsel özellikler gösterir (Coşkuner ve Karababa, 2006).



Şekil 3.1 Dondurma karışımlarının akış davranış eğrileri

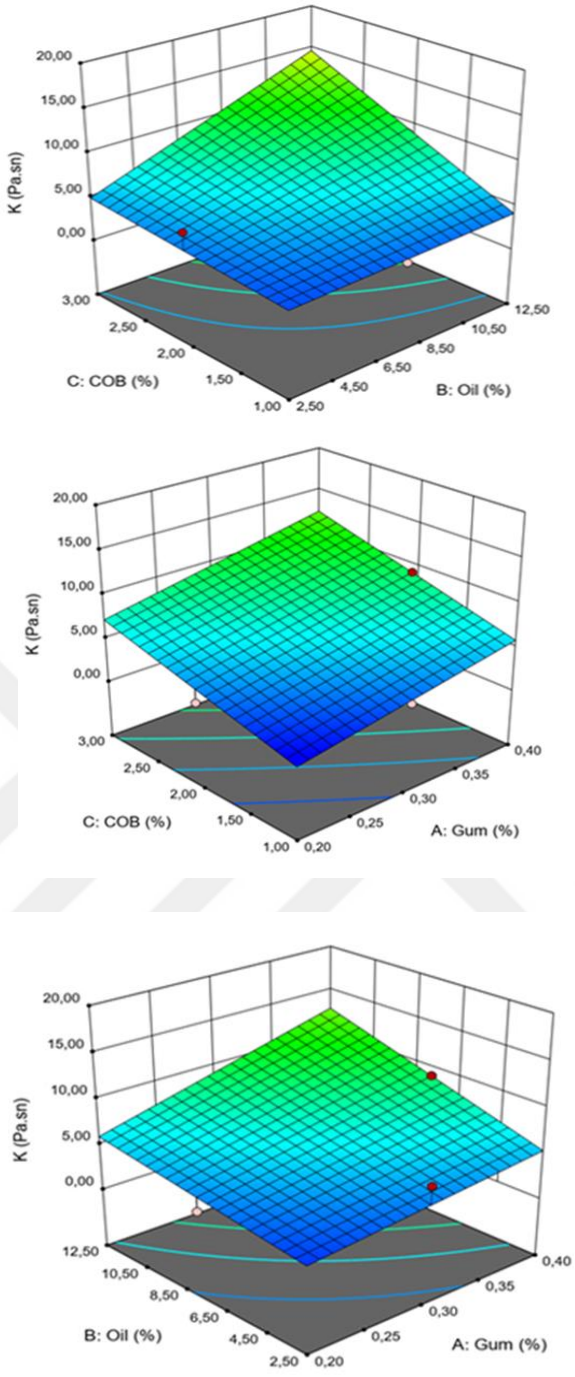
Tablo 3.1 Dondurma karışımlarının akış davranış özelliği parametreleri

Örnekler	Gam (%)	Yağ (%)	Atık (%)	K(Pa.sn)	*n*	R^2
1	0.30	7.5	3.00	9.19±0.02	0.27±0.005	0.98
2	0.20	12.50	1.00	2.57±0.13	0.42±0.002	0.99
3	0.40	2.50	3.00	5.75±0.12	0.23±0.000	0.99
4	0.40	2.50	1.00	4.92±0.09	0.24±0.004	0.99
5	0.30	12.50	2.00	8.97±1.48	0.25±0.016	0.98
6	0.20	7.50	2.00	2.84±0.005	0.33±0.000	0.99
7	0.30	2.50	2.00	4.49±1.51	0.29±0.05	0.95
8	0.20	12.50	3.00	11.16±0.30	0.25±0.005	0.98
9	0.30	7.5	1.00	3.33±0.06	0.27±0.002	0.99
10	0.20	2.50	1.00	1.77±0.19	0.30±0.01	0.99
11	0.40	12.50	3.00	19.91±0.09	0.23±0.002	0.98
12	0.40	7.50	2.00	9.10±0.06	0.26±0.002	0.99
13	0.30	7.5	2.00	5.93±0.39	0.28±0.005	0.99
14	0.30	7.5	2.00	4.65±0.4	0.36±0.002	0.97
15	0.40	12.50	1.00	6.99±0.47	0.32±0.006	0.99
16	0.30	7.5	2.00	4.87±0.6	0.29±0.003	0.97
17	0.20	2.50	3.00	4.37±0.37	0.28±0.01	0.98

Formülasyonda kullanılan stabilizatör, yağ ve soğuk pres keten tohumu yağı atığının kayma basıncı (*K*) üzerine etkisi Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Şekilden anlaşılabileceği gibi yağ, stabilizatör (ksantan gam) ve soğuk pres keten tohumu yağ atığındaki artış, dondurma karışımlarının *K* değerinde artışa yol açmıştır. Bununla birlikte, formülasyon bileşenlerinin *K* değeri üzerindeki etkisi farklı oranlarda bulunmuştur. *K* değerindeki en önemli bileşen soğuk pres keten tohumu yağı atığı ($p < 0.01$) olarak bulunmuştur. Bu durum soğuk pres keten tohumu yağı atığının yüksek su tutma kapasitesine sahip polisakkarit içeren yapısıyla açıklanabilir. Bu polisakkarit yapı yüksek su tutma kapasitesine ve stabilizatör özelliğe sahiptir. Stabilizatör etkisine ek olarak, soğuk pres keten tohumu yağı atığı arayüz alanında adsorbe edilerek yüzey aktif özelliklere sahip

olabilir. Soğuk pres keten tohumu atığının bu özellikleri, dondurma karışımlarının *K* değerinde bir artışa yol açmıştır. Ayrıca, stabilizatör (ksantan gam) miktarındaki artış, özellikle belirli bir seviyede (0,3) ksantan gam kullanılan formülasyonlar *K* değerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Dondurma karışımı için en yüksek *K* değeri, en yüksek soğuk pres keten tohumu yağı atığı, yağ ve ksantan gam içerir ve dondurma karışımının en düşük *K* değeri, en düşük soğuk pres keten tohumu yağı atığı, yağ ve ksantan gam içerir. Bu sonuç, dondurma karışımı bileşenleri arasında oluşan sinerjik etki ile açıklanabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada keten tohumu gamı tohumundan alınarak saflaştırılmış ve gamın fizikokimyasal ve teknolojik yönleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre elde edilen gamın heteropolisakkarit olduğu, esas olarak da ksiloz şekerini takiben arabinoz, galaktoz, ramnoz, fruktoz ve glikozdan oluştuğu tespit edilmiştir. Keten tohumu gamı, ticari olarak temin edilebilen gamlar (guar gam ve ksantan gam) ile karşılaştırıldığında emülsifiye edici nitelikleri olduğu açıkça ifade edilmiştir. Keten tohumu gamının emülsiyon stabilitesi üzerindeki etkilerini anlamak için farklı miktarlarda keten tohumu gamı içeren emülsiyonlar hazırlanmıştır. Çeşitli konsantrasyonlarda keten tohumu gamı %0,5'e kadar artan gam konsantrasyonu ile artan belirgin emülsiyonlaştırma aktivitesi göstermiştir. Bu hidrokolloidlerin emülsifiye edici ve stabilize edici etkisi, sulu fazın viskozitesinin modifikasyonu ile ilişkili olduğu söylenebilir. Keten tohumu gamı referans malzemelere (guar gam ve ksantan gam) kıyasla daha yüksek su tutma kabiliyeti ve daha düşük yağ tutma yeteneğini içermektedir. Ayrıca köpürme kapasitesi, şişme indeksi ve köpürme stabilitesi referans zamklardan daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak keten tohumu gamı, koyulaştırıcı, stabilizatör ve nem tutucu ajan olarak çeşitli gıda formülasyonları için uygun bulunmuştur (Rashid, Ahmed, Hussain, Huang ve Ahmad, 2019).



Şekil 3.2 Formülasyon bileşenlerinin *K* değeri üzerine etkisi

Tablo 3.2 *K* değeri için ANOVA varyans analizi değerleri

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri	
	292.58	9	32.51	26.45	0.0001	significant
A-Gum	57.41	1	57.41	46.72	0.0002	
B-Yağ	80.09	1	80.09	65.17	< 0.0001	
C-Atık	94.86	1	94.86	77.20	< 0.0001	
AB	9.33	1	9.33	7.59	0.0283	
AC	0.8192	1	0.8192	0.6666	0.4411	
BC	40.86	1	40.86	33.25	0.0007	
A^2	0.1497	1	0.1497	0.1218	0.7374	
B^2	2.66	1	2.66	2.16	0.1847	
C^2	0.7422	1	0.7422	0.6040	0.4625	
Residual	8.60	7	1.23			
Lack of Fit	7.67	5	1.53	3.27	0.2504	not significant
R^2	0.9714					
Adjusted R^2	0.9347					
Adeq Precision	20.7386					

Dondurma formülasyonundaki yağ, ksantan gam ve keten tohumu yağı atığının *K* değeri üzerine etkisi kuadratik model ile modellenmiştir. Model parametreleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere R^2 ve adj-R^2 değerleri oldukça yüksek bulunmuştur (R^2 0,9714 ve adj-R^2 0,9347). Bu durum kuadratik modelin dondurma formülasyonunda kullanılan yağ, atık ve gamın *K* değeri üzerine etkisini başarılı bir şekilde modelleyebileceğini göstermiştir. Her bir terimin lineer etkilerinin *K* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). p değerinin 0.05 ten daha düşük olması model terimlerinin önemli olduğunu göstermektedir Keten tohumu yağı atığı için elde edilen p değeri en düşük bulunmuştur. Bu durum keten tohumu yağı atığının dondurmanın *K* değerini etkileyen en önemli parametre olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte yağ-keten tohumu yağı atığı ve yağ ksantan gam arasındaki etkileşim de önemli düzeyde bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada az yağlı (%4 yağlı) dondurma formülasyonunda maltodekstrin (%0, %1 ve %2) ve dirençli nişasta (%0, %1 ve %2) kullanılmış ve fizikokimyasal ve duyusal özellikler incelenmiştir. Optimum maltodekstrin ve dirençli nişasta seviyeleri, yüzey yanıt metodolojisi ile belirlenmiştir. Dondurma karışımları Newtonian olmayan ve psödoplastik davranışı göstermiştir, bu da kayma gerilmesi ile kesme hızı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu anlamına gelir. Pseudoplastik veya kayma incelmesi davranışı, sistemin moleküler bileşenlerinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Örneklerin K değerleri 4,01-8,93 Pa.sn aralığında bulunmuştur. Akış davranış indeks (n) değerleri ise 0,41-0,55 aralığındadır. En yüksek K değerine sahip örneğe %2 dirençli nişasta kullanıldığında ulaşılmıştır. Optimizasyon işleminden sonra optimum örnek %0 dirençli nişasta ve %2 maltodekstrin içeren örnek olarak bulunmuştur (Azari Anpar, Khomeiri, Ghafouri-Oskuei, Aghajani, 2017).

Yağı azaltılmış (%2,5) dondurmada fesleğen tohumu gamı, guar gam ve bunların karışımları kullanıldığı bir çalışmada %10 yağlı dondurma kontrol olarak kullanılarak reolojik, fiziksel ve duyusal özellikler kıyaslanmıştır (Javidi, Razavi, Mazaheri Tehrani ve Emadzadeh, 2015). Bu çalışmadaki gibi tüm dondurma karışımları için kesme incelmesi davranışı gözlemlenmiştir ve bu davranış gam konsantrasyonu arttıkça daha belirgin hale gelmiştir. Örneklerin K değerleri kıyaslandığında guar gam içeren karışımlar ilk sırada yer almıştır, ardından guar gam ve fesleğen tohumu karışımı içerenler ve fesleğen tohumu gamı içeren karışımlar gelmektedir, K değerleri 0,47-0,74 aralığındadır. Dondurma karışımlarının kıvam katsayısı, %0,55 fesleğen tohumu gamı (0,47) ile karışımda en düşük değerde bulunmuştur. Bu durum, keten tohumu gamında olduğu gibi kayma hızına çok duyarlı olan kompakt polisakkarit dolanmalarının oluşumuyla sonuçlanan serum konsantrasyonundaki artışa bağlanabilir (Soukoulis, Chandrinos ve Tzia, 2008).

Daha önce yapılan çalışmalar hem kıvam katsayısı (K) hem de akış davranış indeksi (n) değerleri çalışmamızın sonuçlarıyla uyumluluk sağlamaktadır. Soğuk pres keten tohumu yağı atığı çalışmalarda belirtilen özelliklerine bakılarak, polisakkarit içeriğinden dolayı stabilizatör özellik göstermektedir ve ayrıca

içerdiği proteinler ara yüzey bölgesinde adsorblanarak emülgatör niteliği olabileceği anlaşılmaktadır. Proteinlerin yüzey aktif özellik gösterip ara yüzey gerilimini düşürür ve bunun da kıvam katsayısında artışa neden olduğu tahmin edilmektedir. Stabilizatör özellik içeriğindeki dallanmış polisakkarit yapısından gelir ve bu polisakkaritler su tutma yeteneğine sahiptir. Bu özelliklere dayanarak soğuk pres keten tohumu yağı atığı kıvam katsayısı (K) değerinde artışa neden olur ve yağı azaltılmış dondurma üretiminde kullanılabilir. Karışımların K değerindeki artışla birlikte n değeri düşmektedir ve dondurmanın tipik akış davranış özelliği olan psöudoplastik davranış göstermektedir. Soğuk pres keten tohumu yağı atığı içerisindeki katı parçacıklardan dolayı da dondurma karışımının viskozitesini etkileyerek K değerini önemli derecede arttırmaktadır. Dondurma karışımlarında kullanılan yağ, emülgatör, stabilizatör ve soğuk pres keten tohumu yağ atığı karışımların K kıvam katsayısında önemli derecede arttırmaktadır. Bunun ana nedeni bileşenler arasında olan sinerjik etkileşimdir. Yapılan çalışmalarla kıyaslandığında sonuçlarımız literatürle paralel olup uyum göstermektedir.

4.2 Dondurma Karışımlarının Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Ticari dondurma ürünlerinin K değeri kullanılarak dondurma karışımlarının optimum konsantrasyonları belirlenmiştir. K değerinin ortalamasına dayalı olarak, yüksek arzu edilirlik (1) ve düşük yağ içeriği ile dondurma karışımları için 3 farklı formülasyon belirlenmiştir. Tablo 2.1'de belirlenen farklı konsantrasyonlar sunulmuştur. Kontrol 1 (atık içermeyen yağlı kontrol) ve Kontrol 2 (atık içeren az yağlı kontrol) dondurma numuneleri, dondurma kontrol numuneleri olarak üretilmiştir. Bu formülasyonlar ile üretilen dondurma örneklerinin erime profili ve dinamik reolojik özellikleri incelenmiştir.

Tablo 3.3 Dondurma örneklerinin formülasyonu

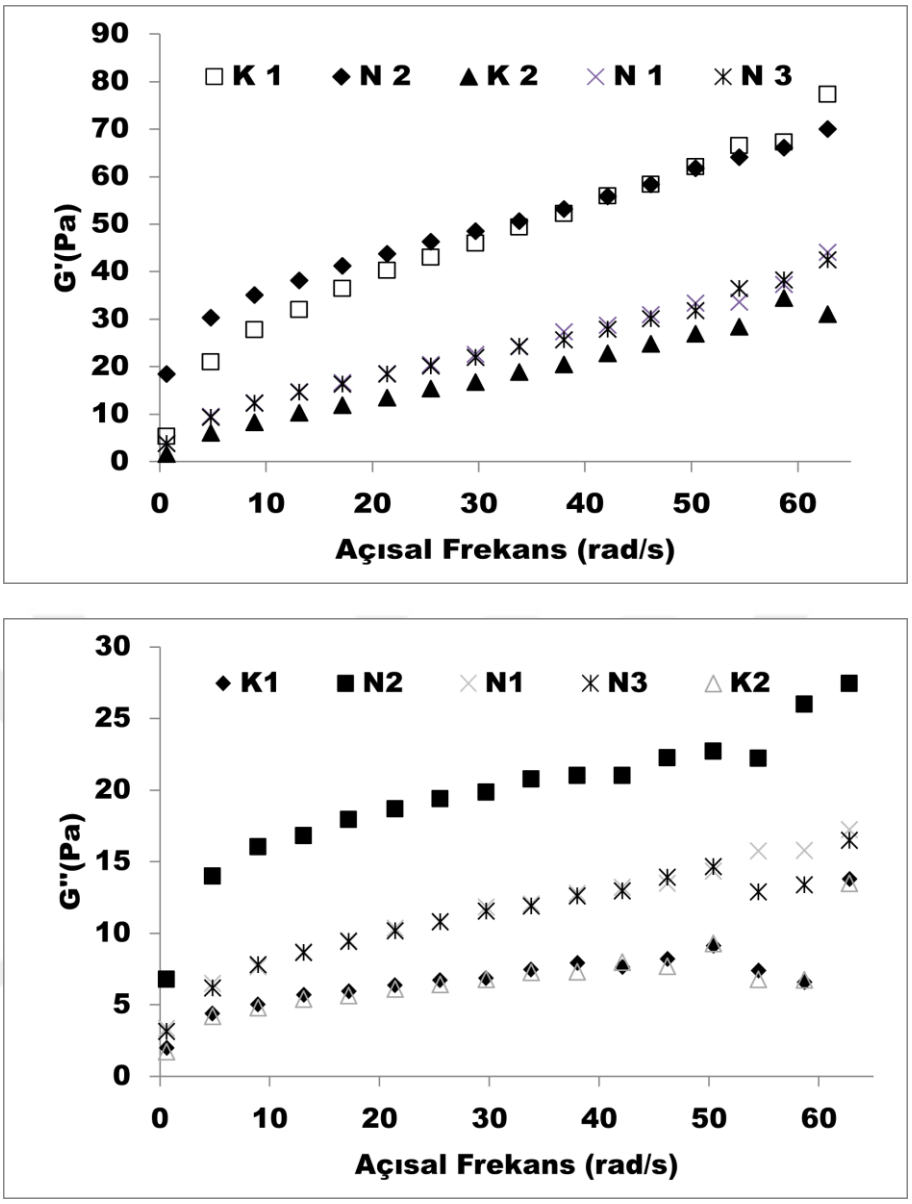
Örnek	Gam (%)	Yağ (%)	Atık (%)	Su (%)
Kontrol 1	0,35	12,5	0	43,94
Kontrol 2	0,35	2,5	0	72,51
Numune 1	0,40	2,5	2,5	69,96
Numune 2	0,35	2,5	2,9	69,61

Tablo 3.3 Dondurma örneklerinin formülasyonu (devamı)

Numune 3	0,30	2,5	3	69,96

4.3 Viskoelastik Özellikler

Belirlenen 5 tane dondurma formülasyonundan dondurmalar üretilmiş ve dinamik reolojik özellikleri incelenmiştir. Frekans salınım testi, ağızda çiğneme sırasındaki dondurma numunelerinin sıvı davranışını simüle edebilir (Zhang vd., 2018), bu da soğuk pres keten tohumu atığı ilavesinin dondurma kalitesi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olur. Optimum dondurma örneklerine ait dinamik reolojik özellik grafikleri Şekil 3.3'de verilmiştir. Ölçümlerde, elastik modül G' ile, viskoz modül ise G'' ile tanımlanmıştır. Artan frekans ile örneklere ait G' ve G'' değerlerinin artması dondurmadaki jel benzeri davranışın kanıtıdır (Kurt ve Kahyaoglu, 2015). Grafikleri incelediğimizde örneklerin tamamının G' değerinin G'' değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum dondurma örneklerinin katı karakterinin sıvı karakterine göre daha baskın olduğunu ifade etmektedir. Açısal hızdaki artış örneklerin G' değerlerinde azalan bir artışa neden olmaktadır. Bu durum örneklerin viskoelastik katı karakter yapısının daha ağır bastığını göstermektedir. Böylece K' değeri de artmaktadır, n' değeri ise akış davranış özelliklerinde de olduğu gibi K' değerindeki artış ile azalmaktadır.



Şekil 3.3 Dondurma karışımlarının viskoelastik özellikleri

Elastik modül (G') değeri, test edilen numunenin katı cisim benzeri davranışını temsil ettiği için dondurmanın katılığı ve sertliği ile de ilişkilendirilmiştir. Düşük sıcaklıklarda viskoz modül (G'') değeri, dondurmanın akışkanlığı ve kaşıklanabilirliği, ürünün işlenmesinde sırasında pompalama için önemli bir özellik olarak değerlendirilebilir (Milliatti, 2018). Ayrıca daha önce yapılan çalışmalarda dondurmada mikroskopi ile ölçülen buz kristali boyutu elastik modül (G') değeri ile ilişkilendirilmiştir. Daha düşük G' değerine sahip formülasyonların daha düşük buz kristaline sahip olduğu bulunmuştur (Wildmoser, Scheiwiller ve Windhab, 2004).

Kontrol 1 numaralı örnek keten tohumu yağ atığı bulundurmayan tam yağlı kontrol örneği, Kontrol 2 numaralı örnek keten tohumu yağ atığı bulundurmayan az yağlı kontrol örneğidir. Kontrol 1 ve Numune 1 dondurma numunelerinin elastik modülünün hemen hemen aynı seviyede olduğu grafikten görülmektedir. Ayrıca; Numune 1, Numune 2, Numune 3 dondurma numunelerinin elastik modülü (G'), Kontrol 1 ve Kontrol 2 örneklerinin elastik modülü değerlerinin aralığındadır. Bu sonuç, seçilen optimum noktaların kontrol numuneleri ile iyi uyuştuğunu ve dondurma numuneleri için sonuçların iyi optimize edildiğini göstermektedir.

Grafikten görülebileceği gibi Kontrol 2 numaralı örnek en düşük G' ve en düşük G'' değerine sahiptir. Numune 2 numaralı örneğin (%2,5 yağ, %0,35 stabilizatör, %2,9 atık) G' ve G'' değerleri, Konrol 1 numaralı örnek hariç, diğer örneklerin G' ve G'' değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca Kontrol 2 numaralı örnek, yüksek yağ içeren (%12,5) Kontrol 1 numaralı örnek kadar elastik modül değerine sahiptir. Soğuk pres keten tohumu yağı atığı modül geliştirme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir, çünkü Kontrol 3 numaralı örnek için aynı sonuç gözlenmemiştir. Bu sonuçlar gam, yağ ve atık arasındaki etkileşimle açıklanabilir.

Yapılan bir çalışmada yağı azaltılmış dondurma örneklerinde bamya gamı ilavesinin reolojik, tekstürel ve erime özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Dondurma örneklerinin tümü için G' değerlerinin G'' değerlerinden yüksek olduğu belirtilmiştir. Dondurmadaki yağ içeriğinin bamya gamı ile ikame edilmesi örneklerin viskoz modül (G'') değerlerini artırmıştır (Aziz, Sofian-Seng, Yusop, Kasim ve Razali, 2018)

Yapılan farklı bir çalışmada %6, %8, %12, %6 yağ+protein bazlı yağ ikamesi ve %6 yağ+karbonhidrat bazlı yağ ikamesi kullanılarak üretilen dondurmaların viskoelastik özellikleri dinamik testlerle değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç gibi, %12 süt yağlı dondurmanın ortalama G' değerleri, herhangi bir yağ ikame maddesi içermeyen %6 süt yağlı dondurmadan önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, dondurmaların elastik modülüne katkıda bulunmada süt yağı içeriğinin önemini göstermektedir. Viskoz modül (G''), %6 ve %8 süt yağlı dondurmalara göre yağ ikame maddeleri içeren numunelerde önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. İki ikame maddesini içeren örnekler arasında önemli ölçüde farklılık görülmemiştir (Adapa, Dingeldein, Schmidt ve Herald, 2000).

Yapılan başka bir çalışmada keten tohumu gamının farklı konsantrasyon (%0,1-0,5) ve pH değerlerinde (5,6,7) sıvı domuz yağı emülsiyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tüm emülsiyonların hem G' hem de G'' değerlerinin artan açısal frekansla arttığı gösterilmiştir. G' ve G'' değerleri, viskoelastik özelliklerin FG ilavesiyle arttığını, bu da artan sertliği ve numunelerin daha güçlü bir yapı gösterdiğini göstermiştir. Özellikle, %0,5 keten tohumu gamı içeren çözeltilerin G' değerleri frekans aralığı boyunca G'' değerinden daha yüksek olduğu için jel benzeri bir davranış göstermişlerdir. Diğer emülsiyonlar, aksine, sıvı benzeri bir davranış sergilemiştir. Ayrıca farklı pH değerlerindeki emülsiyonlar, açısal frekansa bağlı olarak hem G' hem de G'' değerlerinde anlamlı bir fark göstermemiştir. Bu sonuçlar, keten tohumu gamının emülsiyon tipi ürünleri stabilize etmek için pH duyarlı protein emülgatörlerin yerini alma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Wang vd., 2017).

Çalışmadan elde edilen sonuçlar için Power Law modeli kullanılarak K' ve K'' değerleri hesaplanmıştır. Modele uygun olarak hesaplanan parametreler Tablo 3.3'de gösterilmiştir. Modele ait R^2 değerleri 0,82-0,98 aralığında bulunmuştur. Tablo 3.3'de görülebileceği gibi örneklere ait K' ve K'' değerleri sırasıyla 1,27-16,41 ve 2,25-8,59 aralığında; n' ve n'' değerleri ise sırasıyla 0,33-0,77 ve 0,25-0,38 aralığında bulunmuştur.

Tablo 3.4 Optimum dondurma örneklerinin Power Law model parametreleri

Örnek	K' (Pa.sn)	n'	R^2	K'' (Pa.sn)	n''	R^2
		$G'=K'\times(\omega)n'$			$G''=K''\times(\omega)n''$	
Kontrol 1	8.02±0.76	0.52±0.30	0,99	8.59±0.68	0.25±0.40	0,97
Kontrol 2	1.27±0.15	0.77±0.15	0,98	2.25±0.23	0.34±0.20	0,82
Numune 1	2.53±0.44	0.60±0.06	0,98	3.20±0.53	0.38±0.15	0,98
Numune 2	16.41±0.2	0.33±0.01	0,98	7.59±0.11	0.26±0.01	0,98
Numune 3	2.37±0.55	0.68±0.04	0,98	3.55±0.10	0.34±0.04	0,98

Dondurmaya keten tohumu yağı atığı ilave edilmesi tüm örneklerin K' ve K'' değerlerini artırmıştır. Numune 1, Numune 2 ve Numune 3 örnekleri az yağlı ve atık içermeyen kontrol örneği Kontrol 2 ile karşılaştırıldığında Numune 1, 2 ve 3 numaralı örneklerin K' ve K'' değerleri daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca az yağlı ve atık içeren örnek Numune 2 örneğinin K' ve K'' değerleri, tam yağlı ve atık içermeyen örnek Kontrol 1 örneğinden daha yüksek bulunmuştur. Yalnızca Numune 2 örneği için K' değerinin K'' değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Numune 3 örneği için ise K'' değeri K' değerinden yüksektir. Bu durumda, orta miktarda gam konsantrasyonu ile atık konsantrasyonun sinerjistik etkisinin dondurmanın elastikiyeti üzerinde etkisinin yetersiz kaldığı söylenebilir. Numune 2 örneğinde (%0,35 gam, %2,5 yağ, %2,9 atık) K' değeri K'' değerinden daha yüksek olduğu için atık ve gam arasında sinerjistik etkinin daha iyi sağlandığı söylenebilir.

Viskoelastik özellikler ile ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar çalışmamızın sonuçlarıyla G' ve G'' değerleri açısından uyum göstermektedir. Keten tohumu yağ atığı ve dondurma bileşenleri arasındaki sinerjik etkileşimler, gıda kalitesinin artmasına ve gelişmiş fonksiyonel özellikler nedeniyle genişleyen gıda uygulamalarına yol açabilir. Ayrıca, maliyet düşürme için ticari bir potansiyele sahip olabilir.

4.4 Erime Özellikleri

Dondurma formülasyonuna soğuk pres keten tohumu yağı atığı ilavesinin dondurmanın termal özelliklerine etkisini ölçebilmek için belirlenen optimum formülasyonlar üzerinde ölçüm yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 3.4'de gösterilmiştir. Kontrol 1 (tam yağlı ve atık içermeyen örnek) ve Kontrol 2 (az yağlı ve atık içermeyen örnek) örneklerine ait donma noktaları (T_{peak} değerleri) sırasıyla 4,68 °C ve 3,48 °C olarak bulunmuştur. Keten tohumu yağ atığı içeren Numune 1, Numune 2 ve Numune 3 numaralı örneklerin donma noktaları sırasıyla 2,33 °C, 3,61 °C ve 4,98 °C olarak tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin donma noktaları önemli derecede farklı bulunmamıştır ($p<0,05$). Genel olarak, donma noktası serum faz konsantrasyonu arttıkça veya çözünen molekül ağırlığı azaldıkça düşer. Bununla birlikte, yüksek molekül ağırlıklı biyopolimerlerin, örneğin keten tohumu yağı atığı gibi polisakkaritlerin eklenmesi, önemli donma noktası düşmesine neden olmaz (Fuangpaiboon ve Kijroongrojana, 2017).

Tablo 3.5 Optimum dondurma örneklerinin erime özellikleri

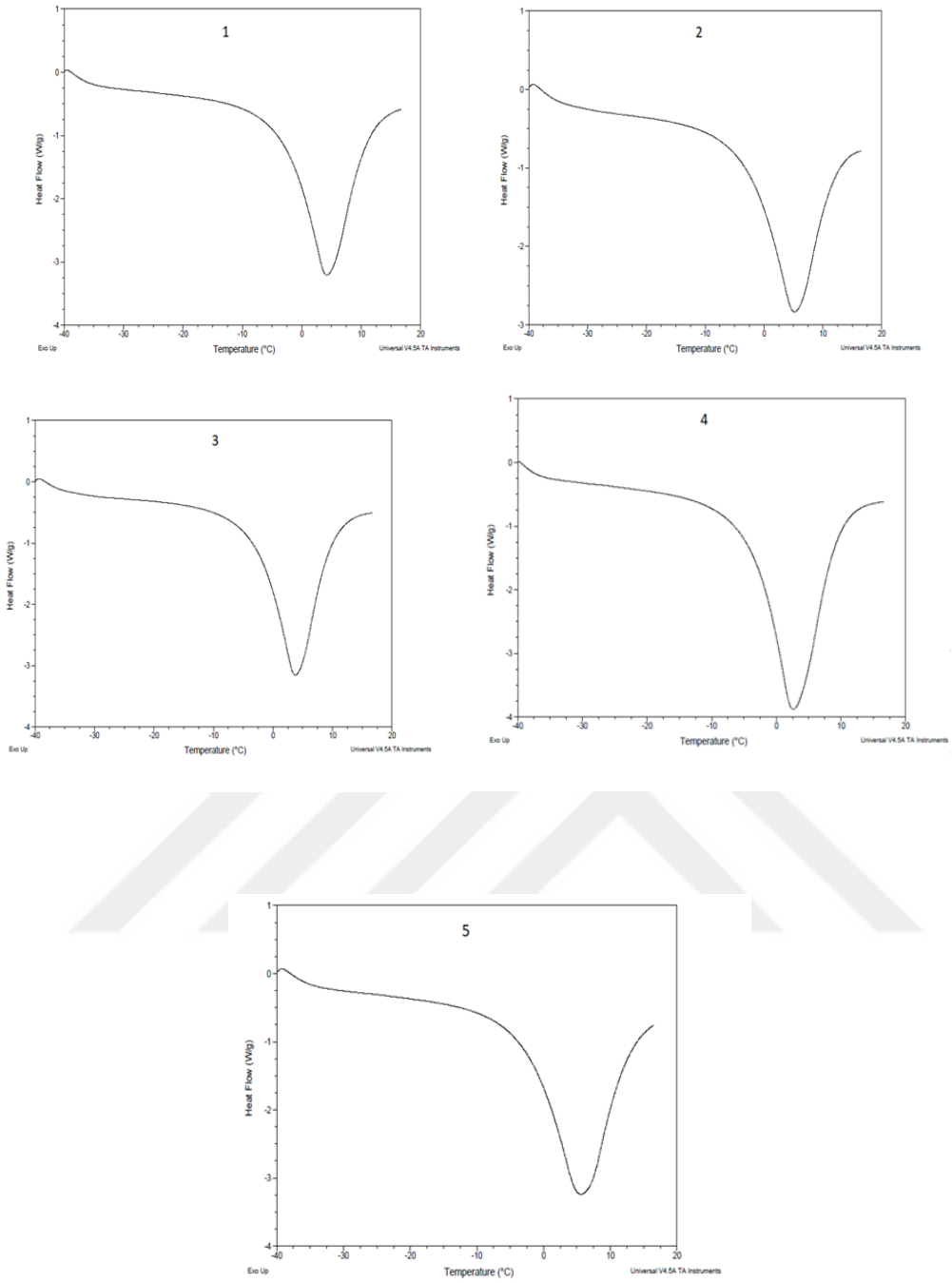
Örnek	Yağ (%)	Gam (%)	Atık (%)	T_{onset} (°C)	T_{peak} (°C)	T_{end} (°C)	ΔT (°C)	ΔH (J/g)
Kontrol 1	12,5	0,35	0	-14,94	4,68	16,47	31,41	-2,75
Kontrol 2	2,5	0,35	0	-15,31	3,48	16,57	31,88	-2,96
Numune 1	2,5	0,40	2,5	-15,28	2,33	16,57	31,85	-3,81
Numune 2	2,5	0,35	2,9	-15,44	3,61	16,26	31,70	-3,19
Numune 3	2,5	0,30	3	-15,12	4,98	16,55	31,67	-2,48

Dondurmanın erime direnci, dondurma yüksek sıcaklığa maruz kaldığında erimeye direnme kabiliyetini temsil eder. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)'deki ısıtma sistemi endotermik zirvenin oluşmasına neden olan sıcaklığı sağlar. Şekil 3.4'de optimum dondurma örneklerine ait erime özelliklerini gösteren DSC erime grafikleri verilmiştir. Örneklere ait grafikler endotermik zirveler (T_{peak}) oluşturmuştur. Erime entalpisi (ΔH) ise endotermik zirvenin alanı ile entegre edilerek hesaplanır ve sistemden çıkan enerji miktarıdır. Gıdanın genel iç enerjisindeki değişiklik olarak ortaya çıkar (Roos, 2009). Çalışmamızda örneklerin erime entalpisi değerleri -3,81 °C ve -2,48 °C arasında değişmektedir. Dondurmada bulunan su donmuş ve donmamış su

yapısını içerir. Dondurmadaki suyun serbest veya bağlı olmasına bağlı olarak, daha yüksek donmuş su içeren dondurmalar buz oluşumuna sahip olur ve entalpi azalmasına neden olur. Daha düşük donmuş su içeren dondurmalarda erime entalpisi daha az olur (Pintor-Jardines vd., 2018).

Keten tohumu yağı atığı konsantrasyondaki artış buz oluşumunu azaltmıştır, dolaylı olarak entalpi de azalmıştır (Tablo 3.4). Buz kristalleşmesi, bağlı suyun yüzdesine, sulu fazdaki çözünür katılara ve keten tohumu yağı atığının su bağlama kapasitesine bağlı olarak gerçekleşmiştir (Soukoulis vd., 2009). Ayrıca düşük yağlı örnekler daha fazla su içerir, daha fazla su miktarı daha büyük buz kristaline neden olur (Hartel, 1996). Dondurmalara keten tohumu yağı atığı ilavesi bağlı su miktarını artırarak donma sırasında buz kristalinin azalmasını sağlamıştır. Ancak Kontrol 1 (tam yağlı kontrol numunesi) daha düşük su içeriğine sahip olmasına rağmen yalnızca Numune 3 Kontrol 1 örneğinden düşük entalpiye sahiptir. Bu sonuçlar su ve keten tohumu yağı atığı arasındaki etkileşimle açıklanabilir ve Numune 3 örneğinin yapısındaki donmuş su miktarı diğer örneklerden düşük olabilir bu da entalpiyi azalmasına neden olabilir. Ayrıca dondurma örneklerinde yağ azalımı su eklenerek dengelendiğinden dondurmada yüksek buz oluşumuna neden olmuştur. Ancak keten tohumu yağı atığı, serbest suyun kimyasal olarak bağlanmasını sağlayarak aşırı buz kristali oluşumunu önleyen dengelenmiş bir etki oluşturmuştur.

Genel olarak sıcaklık aralığı (ΔT), buz kristallerinin boyut dağılımının homojenliğinin bir göstergesidir. Bu nedenle, dar bir erime sıcaklığı aralığı, daha küçük bir sıcaklık aralığında eriyen buz kristallerinin daha homojen dağılımını gösterir (Alvarez, Wolters, Vodovotz, Ji, 2005). Dondurmaların soğuk pres keten tohumu atığı ile polisakkarit ve protein bakımından zenginleştirilmesi minik buz kristallerinin oluşumunu kolaylaştırdığından, soğuk depolama sırasında doku algısının iyileştirilmesine ve buz kristallerinin stabilitesine katkıda bulunur.



Şekil 3.4 Dondurma örneklerinin erime grafikleri

Diyet lifi kaynağı olarak yulaf, buğday, elma ve inülinin dondurma karışımlarında kullanıldığı bir çalışmada dondurmanın ısısal özellikleri DSC kullanılarak tespit edilmiştir. Elma lifi veya %4 karbonhidrat bazlı yağ ikame maddesi (inülin) ilavesinin, genellikle bir dondurma karışımının donma noktasını artıran hidrokolloidlerle aynı şekilde donma noktasını etkilediği bildirilmiştir. Yulaf ve buğday lifi ilavesi durumunda donma noktası sıcaklıklarındaki önemli düşüş, yüksek su bağlama kapasiteleri ve serumu zenginleştiren yüksek moleküler ağırlıklı çözünür lif içeriğinin düşük olması nedeniyle serum konsantrasyonundaki artıştan kaynaklanır (Soukoulis, Lebesi ve Tzia, 2009).

Yapılan bir çalışmada agave fruktanlarının şeker ve yağ olarak kullanıldığı düşük yağlı ve az yağlı-şekerli dondurma formülasyonlarının termal özellikleri DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetri) ile değerlendirilmiştir. Yaklaşık 3 g / 100 mL agave fruktan, her iki formülasyon türü için termal özellikler üzerinde olumlu bir etkiye neden olmuştur. Agave fruktanlarının, buz kristallerinin sayısını ve oluşumunu ve dolayısıyla dondurmanın erime sıcaklığını azaltma yeteneğine sahip olduğu anlaşıldı. Daha uzun erime süresine sahip numuneler, düşük entalpi değerleri gösteren bir enerji azalmasına neden olmuştur. Agave fruktanlarının miktarının, özellikle agave fruktanları ile su arasındaki polimerik hidrojen bağına karşılık gelen O-H grubunda bantların büyüklüğünde bir artışa yol açtığı görülmüştür. Bu çalışma ile agave fruktanlarının (inüline benzer, ancak farklı yapısal düzenlemelere sahip bir fruktoz polimeri) dondurmadaki yağ ve şekerin azalmasından etkilenen bazı termal özellikleri iyileştirdiği ve bu maddenin kalori sağlamayan alternatif bir ikame olarak uygulanabileceği sonucuna varılmıştır (Pintor-Jardines vd., 2018).

Oligofruktoz ve inülin az yağlı dondurmaya prebiyotik olarak ilave edilerek dondurmanın erime özellikleri incelenmiştir. Dondurma karışımına inülin ve oligofruktoz eklenmesi erime özelliklerini geliştirmiştir. Ancak erime özelliklerindeki en az değişiklik inülin içeren dondurmada meydana gelmiştir. Bu durum muhtemelen inülinin yüksek molekül ağırlığı ve higroskopik özelliklerinden kaynaklanmıştı. Bizim çalışmamızda keten tohumu yağı atığında olduğu gibi, inülinin jelleşme özellikleri karışımın kıvamını iyileştirmiş ve ürünün erimesini geciktirmiştir (Akalın ve Erişir, 2008).

Yağı azaltılmış dondurma formülasyonlarının soğuk pres keten tohumu yağı atığı ile zenginleştirilmesi dondurma örneklerinin reolojik özelliklerini geliştirmiştir. Bunun yanında dondurmada yağ azaltılmasından etkilenen bazı termal özellikleri iyileştirdiği görülmüştür. Çalışmamızın sonuçları literatür ile kıyaslandığında uyumluluk göstermektedir.

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda soğuk pres keten tohumu yağı atığı kullanılarak yağı azaltılmış dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ilk olarak deneme dizaynıyla formülasyonlar oluşturulmuş ve dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Formülasyona göre üretilen dondurma karışımlarının dinamik reolojik özellikleri incelenmiştir. Dinamik reolojik özellik parametrelerinden kıvam katsayısı (*K*) üzerine formülasyon bileşenlerinden yağ, stabilizatör ve soğuk pres keten tohumu yağı atığının etkisi kuadratik model kullanılarak gösterilmiştir. Formülasyon bileşenleri reolojik özellikleri ciddi derecede etkilemiş ve en önemli etkiyi keten tohumu yağı atığı göstermiştir. Soğuk pres keten tohumu yağı atığı içeriğindeki polisakkaritler nedeniyle dondurma karışımlarında suyu tutarak jel yapıyı desteklemiştir. Stabilizatör işlevselliği sayesinde kıvam katsayısının artmasına neden olmuştur. Ayrıca yapısında bulunun proteinler emülgatör özelliği gösterebilir. Dinamik reolojik analiz sonuçları baz alınarak formülasyon optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Formülasyonları belirlenen örneklerin viskoelastik özellikleri ve erime özellikleri belirlenmiştir. Soğuk pres keten tohumu atığı ilavesi dondurma örnekleri için önemli bazı özellikleri geliştirmiştir. Çalışmanın bir sonucu olarak soğuk pres keten tohumu yağı atığı kullanılarak dondurmaların yağ oranlarının azaltılması bazı kalite özeliklerini etkilemeden gerçekleştirilebilecektir. Bu kriterler dikkate alındığında formülasyon optimizasyonu sonucu yağı azaltılmış dondurma formülasyonunda %2,5 yağ, %0,3 stabilizatör ve %3 soğuk pres keten tohumu yağ atığı kullanılması uygun görülmüştür. %3 oranında soğuk pres keten tohumu ilavesi diğer bileşenlerle sinerjik etki sağlayarak en iyi ilave oranını vermiştir.

Çalışmamızın bir diğer sonucu atıkların değerlendirilmesi konusunda, soğuk pres keten tohumu yağı atığı çeşitli özellikleriyle gıda endüstrisinde kullanıma imkan sağlayabilir. Dondurma gibi gıdalarda kullanılması hem besinsel yönden katkı sağlayabilir, hem de yağ azaltımında karşılaşılan sorunları bertaraf edebilir.

Çalışmadan ulaşılan bir diğer önemli sonuç ise soğuk pres keten tohumu yağı atığının stabilizatör işlevinden dolayı yağ ikamesi olarak kullanılabilir. Bu özelliği ile yağ azaltılmasına gidilecek farklı ürün gruplarında da denenebilir.

Daha önce yapılan çalışmalarda keten tohumundan gam edilmesi ve soğuk pres keten tohumu atığının gıda dışı alanlarda kullanılması incelenmiştir. Ancak keten tohumu atığında protein karakterizasyonu ve teknolojik özelliklerine dair çalışma mevcut değildir. Bu ilerideki çalışmalar için yeni bir araştırma konusu olabilir.

Çalışmamızda ulaştığımız sonuçlar gelecekte yapılacak araştırmalar için iyi bir kaynak olabilir. Soğuk pres keten tohumu yağı atığının farklı gıda ürünlerinde fonksiyonel ve teknolojik özellikleri geliştirmek için kullanılması kaçınılmazdır.

Çalışmamızdan elde edilen en önemli sonuç soğuk pres keten tohumu yağı atığının yağı azaltılmış dondurma üretiminde alternatif bileşen olarak kullanılma potansiyelinin olmasıdır. Çalışmamızın sonuçları fizikokimyasal ve duyusal analiz sonuçları ile desteklenebilir ve geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., & Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. Journal of Dairy Science, 83(10), 2224-2229.

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(2-3), 237-246.

Akalın, A. S., & Erişir, D. (2008). Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. Journal of food science, 73(4), M184-M188.

Akbari, M., Eskandari, M. H., & Davoudi, Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. Trends in Food Science & Technology, 86, 34-40.

Akin, M. S., Goncu, B., & Akin, M. B. (2019). Designing an industrial protocol to develop a new fat-reduced-ice cream formulation by replacing stabilizers with microbial transglutaminase enzyme. Mljekarstvo/Dairy, 69(3).

Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., & Ji, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. Journal of Dairy Science, 88(3), 862-871.

Anonim, 2005. Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği. Tebliğ No: 2004/45. Resmi Gazete, Tarih 13.01.2005 Sayı: 25699. Ankara.

Arbuckle, W. S. (1986). Ice cream. Springer.

Azari-Anpar, M., Khomeiri, M., Ghafouri-Oskuei, H., & Aghajani, N. (2017). Response surface optimization of low-fat ice cream production by using resistant starch and maltodextrin as a fat replacing agent. Journal of food science and technology, 54(5), 1175-1183.

Aziz, N. S., Sofian-Seng, N. S., Yusop, S. M., Kasim, K. F., & Razali, N. S. M. (2018). Functionality of Okra Gum as a Novel Carbohydrate-based Fat Replacer in Ice Cream. Food Science and Technology Research, 24(3), 519-530.

Babu, A. S., Parimalavalli, R., & Mohan, R. J. (2018). Effect of modified starch from sweet potato as a fat replacer on the quality of reduced fat ice creams. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(4), 2426-2434.

Chandan, R. C., & Kilara, A. (2011). Nutritive and health attributes of dairy ingredients. Dairy Ingredients for Food Processing, 387-419.

Clarke, C. (2012). The science of ice cream. Royal Society of Chemistry.

Coşkuner, Y., & Karababa, E. (2007). Physical properties of coriander seeds (Coriandrum sativum L.). Journal of Food Engineering, 80(2), 408-416.

Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D., & Sarode, A. R. (2016). Ice cream: uses and method of manufacture.

Frandsen, J. H., & Markham, E. A. (1915). The Manufacture of Ice Creams and Ices. Orange Judd Company.

Fuangpaiboon, N., & Kijroongrojana, K. (2017). Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with fat replacers. Maejo International Journal of Science and Technology, 11(2), 133.

Goff, H. D. (2008). 65 Years of ice cream science. International dairy journal, 18(7), 754-758.

Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). Ice cream. Springer Science & Business Media.

Güven, M., Kalender, M., & Taşpinar, T. (2018). Effect of using different kinds and ratios of vegetable oils on ice cream quality characteristics. Foods, 7(7), 104.

Hartel, R. W. (1996). Ice crystallization during the manufacture of ice cream. Trends in Food Science & Technology, 7(10), 315-321.

Javidi, F., Razavi, S. M. A., Mazaheri Tehrani, M., & Emadzadeh, B. (2015). Effect of guar and basil seed gums on physical properties of low fat and light ice cream. Iranian Journal Food Science and Technology Research, 11(5), 696-706.

Karaman, S., Karasu, S., Tornuk, F., Toker, O. S., Geçgel, U., Sagdic, O., ... & Gül, O. (2015). Recovery potential of cold press byproducts obtained from the edible oil industry: physicochemical, bioactive, and antimicrobial properties. Journal of agricultural and food chemistry, 63(8), 2305-2313.

Kotecka-Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., & Montowska, M. (2020). Oilseed proteins–properties and application as a food ingredient. Trends in Food Science & Technology.

Kurt, A., & Kahyaoglu, T. (2015). Rheological properties and structural characterization of salep improved by ethanol treatment. Carbohydrate Polymers, 133, 654-661.

Kýrdar, S. S., & Karaca, O. B. (2017). An overview of Turkish dairy sector. Indian Journal of Dairy Science, 70(3), 249-255.

Mannucci, A., Castagna, A., Santin, M., Serra, A., Mele, M., & Ranieri, A. (2019). Quality of flaxseed oil cake under different storage conditions. LWT, 104, 84-90.

Marshall, R. T., & Arbuckle, W. S. (1996). Ice Cream. New York: Chapman &Hall.

McClements, D. J. (2015). Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC press.

Milliatti, M. C., & LANNES, S. C. D. S. (2018). Impact of stabilizers on the rheological properties of ice creams. Food Science and Technology, 38(4), 733-739.

Mostafavi, F. S., Tehrani, M. M., & Mohebbi, M. (2017). Rheological and sensory properties of fat reduced vanilla ice creams containing milk protein concentrate (MPC). Journal of Food Measurement and Characterization, 11(2), 567-575.

Norton, I. T., Spyropoulos, F., & Cox, P. (Eds.). (2010). Practical food rheology: an interpretive approach. John Wiley & Sons.

Pei, Z. J., & Schmidt, K. A. (2010). Ice cream: foam formation and stabilization—a review. Food Reviews International, 26(2), 122-137.

Pintor-Jardines, A., Arjona-Román, J. L., Totosaus-Sánchez, A., Severiano-Pérez, P., González-González, L. R., & Escalona-Buendia, H. B. (2018). The influence of agave fructans on thermal properties of low-fat, and low-fat and sugar ice cream. LWT, 93, 679-685.

Rashid, F., Ahmed, Z., Hussain, S., Huang, J. Y., & Ahmad, A. (2019). Linum usitatissimum L. seeds: Flax gum extraction, physicochemical and functional characterization. Carbohydrate polymers, 215, 29-38.

Rios, R. V., Pessanha, M. D. F., Almeida, P. F. D., Viana, C. L., & Lannes, S. C. D. S. (2014). Application of fats in some food products. Food Science and Technology, 34(1), 3-15.

Rios, R. V., Pessanha, M. D. F., Almeida, P. F. D., Viana, C. L., & Lannes, S. C. D. S. (2014). Application of fats in some food products. Food Science and Technology, 34(1), 3-15.

Rolon, M. L., Bakke, A. J., Coupland, J. N., Hayes, J. E., & Roberts, R. F. (2017). Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream. Journal of dairy science, 100(7), 5217-5227.

Roos, Y. H. (2009). Mapping the different states of food components using state diagrams. In Modern Biopolymer Science (pp. 261-276). Academic Press.

Sharma, M., Singh, A. K., & Yadav, D. N. (2017). Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch. Journal of food science and technology, 54(6), 1638-1645.

Soukoulis, C., & Fisk, I. (2016). Innovative ingredients and emerging technologies for controlling ice recrystallization, texture, and structure stability in frozen dairy desserts: a review. Critical reviews in food science and nutrition, 56(15), 2543-2559.

Soukoulis, C., Cambier, S., Serchi, T., Tsevdou, M., Gaiani, C., Ferrer, P., ... & Hoffmann, L. (2019). Rheological and structural characterisation of whey protein acid gels co-structured with chia (Salvia hispanica L.) or flax seed (Linum usitatissimum L.) mucilage. Food Hydrocolloids, 89, 542-553.

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. LWT-Food Science and Technology, 41(10), 1816-1827.

Soukoulis, C., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. Food Chemistry, 115(2), 665-671.

Tasneem, M., Siddique, F., Ahmad, A., & Farooq, U. (2014). Stabilizers: Indispensable substances in dairy products of high rheology. Critical reviews in food science and nutrition, 54(7), 869-879.

Underdown, J., Quail, P. J., & Smith, K. W. (2011). Saturated fat reduction in ice cream. In Reducing saturated fats in foods (pp. 350-369). Woodhead Publishing.

Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2005). Dairy science and technology. CRC press.

Wang, M., Feng, M. Q., Jia, K., Sun, J., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2017). Effects of flaxseed gum concentrations and pH values on the stability of oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids, 67, 54-62.

Wildmoser, H., Scheiwiller, J., & Windhab, E. J. (2004). Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. LWT-Food Science and Technology, 37(8), 881-891.

Yousefi, M., & Jafari, S. M. (2019). Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. Trends in Food Science & Technology, 88, 468-483.

Zhang, H., Chen, J., Li, J., Wei, C., Ye, X., Shi, J., & Chen, S. (2018). Pectin from citrus canning wastewater as potential fat replacer in ice cream. Molecules, 23(4), 925.

Konferans Bildirileri

Şen E., Karasu S. & Akçiçek A., (2020) "Soğuk Pres Keten Tohumu Yağ Atığının Dondurma Üretiminde Kullanılması", 2.Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 29 Şubat-1 Mart 2020, Konya.