



**MİKROENKAPSÜLE STABİLİZATÖRLERİN
KULLANIMININ DONDURMANIN
TEKSTÜREL REOLOJİK FİZİKOKİMYASAL
VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülden İLKİLİNÇ

Danışman

Dr. Öğr.Üyesi Mehmet KILINÇ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ağustos 2024

Bu tez çalışması 23.FEN.BİL.13 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROENKAPSÜLE STABİLİZATÖRLERİN KULLANIMININ
DONDURMANIN TESKTÜREL REOLOJİK FİZİKOKİMYASAL
VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gül den İLKİLİNÇ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KİLİNÇ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Gülden İLKİLİNÇ tarafından hazırlanan “Mikroenkapsüle Stabilizatörlerin Kullanımının Dondurmanın Tekstürel Reolojik Fizikokimyasal ve Duyusal zellikleri zerine Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eēitim ve ēretim ynetmeliēinin ilgili maddeleri uyarınca 08 / 08 / 2024 tarihinde aēaēıdaki jüri tarafından **oy birliēi** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mhendisliēi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiētir.

Danışman : Dr. ēr. Üyesi Mehmet KİLİNÇ

Başkan : Dr. ēr. Üyesi Senem GÜNER
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ye : Doç. Dr. Durmuē SERT
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ye : Dr. ēr. Üyesi Mehmet KİLİNÇ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıētır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08 / 08 / 2024

İmza

Gülden İLKİLİNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKROENKAPSÜLE STABİLİZATÖRLERİN KULLANIMININ DONDURMANIN TEKSTÜREL REOLOJİK FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gülden İLKİLİNÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ

Mikroenkapsülasyon yöntemi ile iyotta karregenana stabilizatörlerin (ksantan gam, karboksimetil selüloz, keçiyoynuzu gamı, guar gamı) kaplanmış formülasyonlarının dondurma üretiminde kullanımının dondurmanın fizikokimyasal, reolojik, duyu ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, farklı stabilizatörlerin dondurma yapısına ve kalite özelliklerine etkisi detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Dondurmanın renk, tekstür, erime süresi, hacim artışı gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, kimyasal, reolojik, tekstürel ve duyu analizleri ile tüketicilerin ürün üzerindeki algıları incelenmiştir. Ayrıca, toz kaplamaların taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yüzey morfolojileri analiz edilerek kaplama kalitesi değerlendirilmiştir. Stabilizatörler arasında özellikle ksantan gam ve guar gam kaplı formülasyonların dondurmanın yapısal stabilitesini, erime direncini ve tekstürel özelliklerini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Bu stabilizatörler, dondurmanın daha hafif, pürüzsüz ve homojen bir yapıya sahip olmasını sağlamıştır. Keçiyoynuzu gamı ve CMC kaplı formülasyonlar ise daha düşük performans sergilemiş, özellikle CMC kaplı formülasyonun düşük hacim artışı ve kısa erime süresi gibi olumsuz sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuç olarak, mikroenkapsüle stabilizatörlerin dondurma üretiminde önemli bir kalite artırıcı unsur olduğunu ve bu stabilizatörlerin dondurmanın duyu, fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle ksantan gam ve guar gam kaplı formülasyonlar, dondurma üretiminde tercih edilebilir stabilizatörler olarak öne çıkmaktadır.

2024, xii + 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dondurma, Stabilizatör, Kalite, Mikroyapı, Tekstür, Kaplama.



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECT OF USE OF MICROENCAPSULATED STABILIZERS ON TEXTURAL RHEOLOGICAL PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF ICE CREAM

Gülden İLKİLİNÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Mehmet KİLİNÇ

The effects of the use of iodine carrageenan stabilizers (xanthan gum, carboxymethyl cellulose, locust bean gum, guar gum) coated formulations in ice cream production with microencapsulation method on the physicochemical, rheological, sensory and textural properties of ice cream were investigated. In the study, the effects of different stabilizers on the structure and quality properties of ice cream were evaluated in detail and the results were analyzed statistically. In addition to the physical properties of ice cream such as color, texture, melting time, volume increase, chemical, rheological, textural and sensory analyzes were used to examine the perceptions of consumers on the product. In addition, the coating quality was evaluated by analyzing the surface morphologies of powder coatings with scanning electron microscope (SEM). Among the stabilizers, it was observed that especially xanthan gum and guar gum coated formulations positively affected the structural stability, melting resistance and textural properties of ice cream. These stabilizers provided ice cream with a lighter, smoother and more homogeneous structure. Locust bean gum and CMC coated formulations exhibited lower performance, and it was observed that especially the CMC coated formulation gave negative results such as low volume increase and short melting time. As a result, it is revealed that microencapsulated stabilizers are an important quality enhancing element in ice cream production and that these stabilizers improve the sensory, physicochemical and textural properties of ice cream.

Especially xanthan gum and guar gum coated formulations stand out as preferable stabilizers in ice cream production.

2024, xii + 65 pages

Keywords: Ice cream, Stabilizer, Quality, Microstructure, Texture, Coating.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını 23.FEN.BİL.13 proje ile AKÜ-BAPK tarafından destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesine teşekkür ederim.

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ ve her konuda öneri ve eleştiriyle yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yol gösteren Doç. Dr. Durmuş SERT'e teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Gülden İLKILINÇ
Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Dondurmanın Tarihçesi ve Genel Bilgiler.....	4
2.2 Mikroenkapsülasyon Teknolojisi.....	6
2.2.1 Mikroenkapsülasyon ve Dondurmada Kullanımı Konusu ile ilgili Yapılmış Önceki Çalışmalar	8
2.3 Dondurmada Kullanılan Hammaddeler	13
2.3.1 Süt	14
2.3.2 Şeker.....	14
2.3.3 Yağsız Süt Tozu	15
2.3.4 Krema	15
2.3.5 Emülgatör	16
2.3.6 Stabilizatör	17
2.3.6.1 Guar Gam	19
2.3.6.2 Keçiboynuzu Gamı.....	19
2.3.6.3 Ksantan Gam	20
2.3.6.4 Karboksimetil Selüloz (CMC).....	21
2.3.6.5 Karragenan	22
3. MATERYAL ve METOD.....	24
3.1 Materyal	24
3.2 Metod	24
3.2.1 Kaplamaların Hazırlanması.....	24

3.2.2 Dondurma Üretimi	24
3.2.3 Hammadde Analizleri	25
3.2.3.1 Kurumadde Miktarı	25
3.2.3.2 Protein Miktarı	26
3.2.3.3 pH Değeri	26
3.2.3.4 Yağ Miktarı	26
3.2.3.5 Titrasyon Asitliği.....	26
3.2.4 Kaplama Analizleri	26
3.2.4.1 Renk Analizi.....	26
3.2.4.2 SEM Analizi.....	26
3.2.5 Dondurma Miksinde Tekstür	27
3.2.6 Dondurmada Yapılan Analizler	27
3.2.6.1 Kuru Madde Tayini	27
3.2.6.2 pH Tayini.....	27
3.2.6.3 Titrasyon Asitliği Tayini	28
3.2.6.4 Renk Değerleri	28
3.2.6.5 İlk Damlama Süresi Tayin.....	28
3.2.6.6 Tamamen Erime Süresi Tayin.....	28
3.2.6.7 Hacim Artışı	29
3.2.6.8 Tekstürel Özellik	29
3.2.6.9 Reolojik Özellikler	29
3.2.7 Duyusal Analiz.....	30
3.3 İstatistiksel Analiz.....	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
4.1 Hammadde Sonuçları.....	31
4.2 Toz Kaplamaların Fizikokimyasal Özellikleri.....	31
4.2.1 Renk Özellikleri	31
4.2.1.1 L* Değeri.....	31
4.2.1.2 a* Değeri	32
4.2.1.3 b* Değeri	32
4.2.2 Kaplamaların SEM Analizi	34
4.3 Dondurma Miksinin Tekstürel Özellikleri.....	36

4.4 Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri	38
4.4.1 Kurumadde	38
4.4.2 pH.....	39
4.4.3 Renk Özellikleri	41
4.4.3.1 L* değeri.....	41
4.4.3.2 a* Değeri	41
4.4.3.3 b* Değeri	42
4.4.4 Titrasyon Asitliği (%LA Cinsinden).....	42
4.4.5 İlk Erime Süresi.....	43
4.4.6 Tamamen Erime Süresi	43
4.4.7 Hacim Artışı	43
4.4.8 Sertlik Ölçümü	44
4.4.9 Reolojik Özellikler	45
4.5 Duyusal Özellikler	47
4.5.1 Renk	47
4.5.2 Koku.....	48
4.5.3 Tekstür	48
4.5.4 Erimeye Direnç	49
4.5.5 Ağız Hissiyatı.....	49
4.5.6 Yabancı Tat	49
4.5.7 Genel Kabuledilebilirlik.....	50
5. SONUÇ.....	52
6. KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızı yeşil
N	Newton
L*	Parlaklık
°C	Santigrat Derece
b*	Sarı Mavi
Pa	Paskal
Pa.s	Paskal.Saniye
µL	Mikrolitre
NaOH	Sodyum Hidroksit
%	Yüzde
Ca ⁺⁺	Kalsiyum
LA	Laktik Asit

Kısaltmalar

ATCC	American Type Culture Collection
β(1→4)	Beta Siklodekstrin
Bb-12	<i>Bifidobacterium lactis</i>
Cfu/g	Coloni forming units/gram
cm	Santimetre
CMC	Karboksimetilselüloz
Cp	Santipoise
dk	Dakika
E.coli	<i>Escherichia coli</i>
g	Gram
g/ml	Gram/mililitre
Kcal	Kilokalori
L.	Lactobacillus
Lc-01	<i>Lactobacillus casei</i>
m	Ağırlık
mL	Mililitre
N	Normalite
V	Hacim

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Dondurma üretim akış şeması	25
Şekil 4.1 Dondurmaların duyuşal değeriendirilmesinde kullanılan duyuşal analiz verileri.....	51



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Dondurma üretiminde kullanılan sütün bazı kimyasal özellikleri.	31
Çizelge 4.2 Toz kaplamalara ait renk özellikleri.....	33
Çizelge 4.3 Dondurma miksinin tekstürel özellikleri.....	37
Çizelge 4.4 Dondurma örneklerine ait kurumadde miktarları.....	39
Çizelge 4.5 Dondurma örneklerine ait pH miktarları.....	40
Çizelge 4.6 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler.....	41
Çizelge 4.7 Dondurma örneklerine ait sertlik ölçüm değerleri.	44
Çizelge 4.8 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri.	47
Çizelge 4.9 Dondurma örneklerine ait duyuşal özellikler.	47

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 4.1 Kaplama numunelerine ait SEM görüntüleri.	35
---	----



1. GİRİŞ

Süt, dengeli ve sağlıklı beslenme için gerekli olan hayvansal kaynaklı yağ, protein, laktoz, vitamin ve mineralleri yeterli miktarda sağlayan hayati bir besin kaynağıdır (Yılmaz 2006). Yüksek besin değerinin yanı sıra süt, vücut fonksiyonlarının düzenlenmesinde rol oynayan, büyümeyi destekleyen, kemik ve diş oluşumuna katkıda bulunan temel bir besindir (Özcan vd. 1998). Ayrıca sütte bulunan kalsiyum, zararlı maddeleri etkisiz hale getirerek ve damar duvarlarındaki hücreleri yok ederek yüksek tansiyonun önlenmesinde önemli bir rol oynar. Ayrıca süt beyine enerji sağlar, mikrobik enfeksiyonlara karşı etkilidir ve sindirimi düzenler. Süt, başta gelişme çağındaki çocuklar, emziren anneler, hamile kadınlar ve genç yetişkinler olmak üzere tüm yaş grupları tarafından tüketilmesi gereken mükemmel bir besindir. Sütün bileşenlerinden en iyi fayda doğrudan tüketim yoluyla elde edilir. Ancak süt çabuk bozulabilen ve taşınması zor bir gıda maddesidir. Bu nedenle çeşitli işlemlerden geçirilerek hacmini azaltan ve daha az yer kaplayan ürünlere dönüştürülebilir. Bu da onun bozulmaya karşı direncini artırmakta ve taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Sütten elde edilen süt ürünlerinden biri olan dondurma, hem Türkiye'de hem de dünyada önemli bir ürün haline gelmiştir (Çeliker 2008).

Dondurma, 2005 yılında yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne göre süt ve/veya süt ürünleri, içme suyu, şeker, izin verilen katkı maddeleri ve isteğe bağlı olarak salep, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, aroma vericiler ve çeşnilerden oluşan bir karışım olarak tanımlanmaktadır. “Dondurma” terimi ise pastörize edilmiş (ancak dondurulmamış) bir karışımın belirli bir tekniğe uygun olarak işlenmesi ve dondurulmasıyla üretilen, yumuşak veya sertleştirilmiş halde tüketilen bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2005).

Üstün besin değeri ve sindirim kolaylığının yanı sıra, dondurmanın evrensel olarak sevilen tadı, aroması ve ferahlatıcı kalitesi halkın ilgisini çekmiştir (Demirci ve Şimşek 1997).

Dondurma, stabilitesini ve fiziksel özelliklerini korumak için düşük sıcaklıklarda

(yaklaşık -18°C) saklanması gereken karmaşık bir fiziksel yapıya sahip bir süt ürünüdür. Buna göre, yüksek kaliteli dondurma üretimi, etkili işleme tabi tutulmuş ve optimum miktarlarda stabilizatör ve emülgatör içeren dengeli bir karışımın formülasyonunu gerektirir. Bu unsurlar, çok az miktarlarda bulunmalarına rağmen, dondurmanın fiziksel bütünlüğünün ve yapısının garanti altına alınmasında ve sürdürülmesinde çok önemli bir rol oynarlar (Gönç ve Enfiyeci 1987, Tekinşen 1997).

Stabilizatörler dondurma üretiminde çok önemli bir bileşeni temsil eder. Dondurma karışımında bulunan serbest suyu bağlayarak jel yapısını korurlar, erimeyi geciktirirler ve dil üzerinde homojen bir doku sağlarlar. Erimeyi azaltırlar, dondurmanın hacmini artırırlar, büyük buz kristallerinin oluşumunu önlerler, böylece dondurmaya homojen bir yapı sağlarlar ve suda çözünür veya dağılıbilirler. Ayrıca dondurmayı yoğunlaştırır ve viskozitesini etkilerler (Şimşek vd. 2006, Tayyar ve Çıbık 2013).

Stabilizatörler, gıda endüstrisinde ürünlerin fiziksel ve kimyasal stabilitesini artıran ve kalite kayıplarını önlemeye yönelik kullanılan bileşenlerdir. Dondurma üretiminde stabilizatörler, suyu bağlayarak buz kristallerinin büyümesini kontrol eder, ürünün erime süresini iyileştirir ve raf ömrünü uzatır (Flores & Goff 2020). Bununla birlikte, düşük sıcaklıkta depolanan ürünlerde stabilizatörlerin zamanla etkinliklerinin azalması, dondurmanın istenilen yapı ve doku özelliklerini kaybetmesine neden olabilir. Bu gibi sorunları önlemek amacıyla stabilizatörlerin mikroenkapsülasyon teknolojisi ile korunması, bu bileşenlerin daha uzun süre boyunca etkin kalmasını sağlayan yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Gharsallaoui vd. 2007, Augustin & Sanguansri 2020).

Mikroenkapsülasyon, aktif bileşenlerin mikro boyutlu kapsüller içine alınarak dış etkenlerden korunmasını ve kontrollü bir şekilde salınmasını sağlayan bir teknolojidir. Gıda endüstrisinde bu teknoloji, stabilizatörlerin etkinliğini artırmak, duyuusal özelliklerin korunmasını sağlamak ve bileşenlerin hedeflenen süreçlerde kontrollü salımını gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. (Fang & Bhandari 2010, Anandharamakrishnan & Parthasarathi 2019). Dondurma üretiminde mikroenkapsüle stabilizatörler, buz kristallerinin büyümesini daha etkili bir şekilde kontrol edebilmekte

ve ürün kalitesini artırmaktadır. Özellikle, premium dondurma üretiminde bu teknoloji, daha üstün bir yapısal kalite ve uzun raf ömrü sağlamak için tercih edilmektedir (Shevade & Hartel 2022).

Bu çalışmada, iyotta karregenana mikrokapsülasyon teknolojisi ile farklı stabilizatörlerle (keçiyoynuzu gamı, karboksimetil selüloz, ksantan gam ve guar gam) kaplanarak oluşturulan stabilizatörlerin dondurma üretiminde kullanımı ve fiziksel, kimyasal, reolojik, tekstürel ve duyu özellikleri incelenmiştir.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Dondurmanın Tarihçesi ve Genel Bilgiler

Dondurmaya dünyanın her yerinde rastlamak mümkün. Ancak milattan önce dondurmanın kökenine bakacak olursak, Büyük İskender döneminde dondurmayı tatlandırmak için bal ve içindeki meyveyi soğutmak için buz kullandıkları bilinmektedir. Bugünkü haline gelme sürecinde dondurma birçok bölgede çeşitlenmiş ve farklı kültürlerden geçerek bugünkü halini almıştır (Weiss 2011).

Modern sayılabilecek çeşitli meyvelerle zenginleştirilmiş ilk “donmuş şurubun” Çinliler tarafından yapıldığı ve daha sonra Arabistan, İran ve Anadolu'ya yayıldığı tahmin edilmektedir. Bu yiyeceği 13. yüzyılda Çin'i ziyaret eden Marco Polo'nun Venedik'e, oradan da Avrupa'ya (Fransa, Almanya, İngiltere vb.) getirdiği düşünülmektedir (Akın 2009). Bazı araştırmacılar, sütün İtalya'da balla karıştırılarak dondurulduğunu gösteren 1560 tarihli bir belgeden söz etmektedir (Tekinşen 2008).

Maraş dondurması, formülasyonu Maraş'a özgü olan ve Ahir Dağı'nın yüksek yamaçlarında otlayan keçilerin sütünden ve Ahir Dağı'nda yetişen yabani orkidinin (*Orchis anatolica*) yumrularından elde edilen doğal bir tatlandırıcı olan salepten elde edilen dünyadaki tek dondurmadır. Önceleri geleneksel el yöntemiyle hazırlanan bu dondurmanın en önemli özelliği, tüketilmesi için bıçak kullanılmasını gerektiren olağanüstü sertliğidir. Dondurma kalın kütleler halinde hazırlanır, bir kancaya asılır ve dilimler halinde kesilerek tüketilir (Özkaradeniz 2017).

Osmanlı İmparatorluğu'nda Maraş dondurması “salepli karsambaç” olarak bilinirdi. Osmanlı İmparatorluğu'nda saraya ve diğer önemli konaklara salep tedarik eden Maraşlı Osman Ağa, bir seferinde fazla salebi gizlemek için kara gömmüştür. Maddeyi geri aldığı anda, kıvamının değiştiğini ve daha kalın hale geldiğini keşfetti. Daha sonra salebi karsambaç tarifine dahil etmiş ve böylece salepli karsambaç ortaya çıkmıştır. Zamanla, Çinli tüccarların anlattıklarından etkilenecek, karsambacın bu varyasyonuna keçi sütü ve şeker eklemeyi tercih etti (Akkor ve Seferoğlu 2014, Yılmazoğlu 2015).

Dondurmanın Türk mutfağındaki gelişimine bakıldığında, Osmanlı mutfağının sütlü tatlılarının ve dondurma üretiminin Balkanlar'dan gelenlerden etkilendiği söylenebilir. Dondurma tüketiminden çok daha önce insanlar tarafından bilinen şekerin, 19. yüzyılın başlarında şeker pancarından üretilmesi nedeniyle ucuzlamasının ardından dondurma üretimi hızla yaygınlaşmıştır. Bu bağlamda dondurma üretimine ilk olarak 1900'lü yılların başında İstanbul ve Kahramanmaraş'ta başlanmıştır (Fikriyat 2018).

Dondurma genellikle nispeten dengeli, sağlıklı, kolay sindirilebilir ve lezzetli bir gıda olarak kabul edilir. Enerji değeri (180-250 kcal/100g) ve besleyici özellikleri üretiminde kullanılan bileşenlere bağlı olmakla birlikte, yüksek miktarda süt yağı (% 10-16) ve protein (% 4-5) içerir. Dondurma tüketiminin özellikle çocukların beslenmesi açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır (Temiz ve Yeşilsu 2010, Patel vd. 2010, Erkaya vd. 2012). Dondurma, süte göre %12 ila %16 daha fazla protein ve 3-4 kat daha fazla yağ içerir. Dondurmadaki süt proteinleri zengin bir esansiyel amino asit kaynağı olarak kabul edilir ve yüksek biyolojik değere sahip proteinler olarak tanınır (Goff ve Hartel 2013).

Dondurmanın besin değeri, içeriğindeki bileşenlerin besin değeriyle doğrudan ilişkilidir. Dondurma, süt tarafından sağlanan besin maddelerini değişen oranlarda içerir. Süte göre 3-4 kat daha fazla yağ ve % 12-16 daha fazla protein içerir. Ayrıca meyve, kuruyemiş ve yumurta ilavesi nedeniyle süte kıyasla daha zengin bir üründür (Tekinşen 2000).

Dondurma, dünya çapında yüksek bir popüleriteye ulaşmış dondurulmuş bir sütlü tatlıdır. Çeşitli temel besin maddelerini içeren son derece besleyici bir üründür. Dondurmanın besin bileşimi beş temel gıda grubunu kapsar: karbonhidratlar, yağlar, proteinler, mineral tuzlar ve vitaminler. Diğer süt ürünlerinde olduğu gibi, süt yağı dondurmanın yapısı ve dokusu açısından büyük önem taşır. Dondurma, lezzet profiline önemli ölçüde katkıda bulunan doymuş ve doymamış yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler ve kolesterol içerir. Nesnelliği korumak amacıyla, öznel değerlendirmeler hariç tutulmuştur. Dondurmanın kendine özgü tadı, ağızda yağlı bir dokuya da katkıda bulunan yağda çözünen tatlandırıcılar tarafından verilmektedir. Karbonhidratlar, yağlar ve proteinlere ek olarak dondurma A, D, E, K, B₁, B₂, B₆, B₁₂ ve C vitaminlerinin yanı

sıra kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, demir, sodyum ve çinko gibi mineraller de içerir. Dondurmada bulunan süt proteinleri, tüm temel amino asitleri içerdiğinden yüksek biyolojik değere sahiptir. Dondurma, süte göre yaklaşık % 12-16 daha fazla protein ve 3-4 kat daha fazla yağ içerir (Lim vd. 2008, Akın 2009, Sarioğlu 2015).

Diğer süt ürünleri ile karşılaştırıldığında dondurma, bileşimi açısından en kolay değiştirilebilen ürünlerden biridir. Farklı bir tüketici kitlesine hitap etmek için, ürünün duysal ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilemeden yağ ve şeker azaltılabilir. Ürün biyoaktif bileşiklerle takviye edilebilir. Dondurma yüksek oranda sindirilebilir. Uygulanan homojenizasyon işlemi ve hoş tadı ve dokusu nedeniyle sindirim salgılarını artırma kabiliyeti, sindirilebilirliği artırmaya hizmet eder. Bu iki faktör, tatlılığı, kadifemsi dokusu ve ferahlatıcı serinliği ile birlikte, onu mide ve boğaz ağrısı çeken hastalar için hem lezzetli hem de tolere edilebilir mükemmel bir gıda maddesi haline getirir. Dondurma, bireylerde moral ve mutluluk yaratma özelliği nedeniyle hastane menülerinin ortak bir özelliğidir. Sonuç olarak, dünya çapında en popüler tatlılardan biri olan dondurmanın tüketimi giderek artış göstermiş ve yukarıda bahsedilen tüm özelliklerini korumuştur. “Kapsülleme” terimi, bir madde veya karışımın başka bir madde veya sistemle kaplanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç aynı zamanda “hapsetme” olarak da bilinir (Madene vd. 2006).

2.2 Mikroenkapsülasyon Teknolojisi

Mikroenkapsülasyon, hassas bileşenlerin fiziksel olarak sarılmasına ve koruyucu bir duvar malzemesi içinde tutulmasına olanak tanıyan, onları olumsuz reaksiyonlardan, uçucu kaybından veya besinsel bozulmadan koruyan bir teknolojidir (Laohasongkram vd. 2011).

Mikroenkapsülasyon, mikrometreden milimetreye kadar değişen boyutlarda kapsüller (mikrokapsüller) elde etmek için kullanılan bir teknolojidir. Bu, aktif bir maddenin (çekirdek malzeme) bir veya daha fazla kaplama malzemesi (duvar malzemesi) ile sarılmasıyla elde edilir. Mikrokapsüller küresel şekildedir ve düzgün bir duvar yapısı sergiler. Beslenme yalnızca büyüme, enerji ve hayatta kalma için temel gereksinimleri

karşılama kalmamalı, aynı zamanda fiziksel ve zihinsel sağlığın korunmasına ve hastalıkların önlenmesine de katkıda bulunmalıdır. Bu hususlar ışığında, fonksiyonel bileşenleri içeren ürünlere yönelik artan tüketici talebini yansıtan fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine giderek daha fazla vurgu yapılmaktadır (Ye vd. 2018).

Buna ek olarak, fonksiyonel bileşenler koruyucu olarak kullanılabilir ve raf ömrünü uzatırken nihai ürünün rengini, dokusunu ve aromasını geliştirebilir. Çevresel etkilere ve işleme koşullarına karşı hassas olan bu bileşenler için mikroenkapsülasyon teknolojisi, çekirdek aktif bileşenlerin bir kaplama malzemesi içinde hapsedilmesi sürecini ifade eder (Paulo ve Santos 2017). Günümüzde mikroenkapsülasyon gıda (Chew ve Nyam 2016), tekstil (Geethadevi ve Maheshwari 2015), farmakoloji (Scalia vd. 2011), kozmetik (Carvalho vd. 2015), tarım (Alonso vd. 2014) ve elektronik (Hyon vd. 2016) gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır.

Mikroenkapsülasyon, gıda endüstrisinde kullanılan en yaygın tekniklerden biridir. Mikroenkapsülasyon, aktif bileşeni işleme ve depolama boyunca korumanın yanı sıra, aktif bileşen ile gıda matrisi içindeki diğer bileşenler arasındaki istenmeyen etkileşimleri de engeller (Paulo ve Santos 2017). Bu teknik bağlamda, enkapsülasyon malzemesi kabuk kaplama malzemesi veya duvar malzemesi olarak adlandırılırken, enkapsülasyonun aktif kısmı bir çekirdek, bir iç faz ve bir dolgu maddesinden oluşur. En yaygın kullanılan duvar malzemeleri jelatin, nişasta, modifiye nişasta, selüloz ve dekstrindir. Jelleşmeyen bir hidrokolloid kullanılır (Desai vd. 2005, Kınık vd. 2003).

Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon, sıvı damlacıkları, katı partikülleri veya gaz halindeki bileşenleri gıda sınıfı kaplama malzemeleriyle ince bir film içinde hapsetmek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Calvo vd. 2011). Gıda sistemlerinde mikroenkapsülasyonun amacı, çekirdek malzemenin çevresel koşullara karşı reaktivitesini azaltarak onu çeşitli bozulmalardan korumaktır. Fiziksel bir bariyer olarak kullanılan duvar malzemesi, çekirdek ile dış ortam arasındaki kütle transferini kontrol eder (Heidebach vd. 2012). Gıda ürünlerinde çoğunlukla katı ve sıvı yağlar, aroma bileşenleri, polifenoller, oleoresinler (çam reçineleri), vitaminler, mineraller, enzimler ve bakteriler (probiyotikler, laktik asit bakterileri vb.) mikroenkapsüle edilmektedir

(Nazzaro vd. 2012). Mikro kapsülün içerdği madde veya karışım çekirdek, iç faz veya dolgu maddesi olarak adlandırılırken, dış katman kabuk, kaplama, duvar malzemesi veya membran olarak adlandırılır (Gharsallaoui vd. 2007).

Mikroenkapsülasyonun temel amacı, gıda bileşenlerini olumsuz çevresel etkilerden korumak, stabilitelerini garanti etmek ve düzenlenmiş kullanımı kolaylaştırmaktır. İlaçların ve probiyotiklerin sindirim sisteminden geçişi bu maddelerin zarar görmesine neden olabilir. Mikroenkapsülasyon işlemi, bu maddeleri çevreleyen ortamın fizikokimyasal, kimyasal ve mekanik etkilerinden korumak için bir araç sağlar. Ayrıca, bazı durumlarda, enzimler ve katalizörler gibi bileşenlerin korunmasız bir halde ortamda bulunması tavsiye edilmez. Mikroenkapsülasyon süreci bu bileşenlerin salınım hızını düzenlemek için kullanılabilir. Biyoaktif maddelerin enkapsülasyonu, raf ömürlerinin uzatılmasına ve biyoyararlanımlarının artırılmasına hizmet eder (Aloğlu ve Öner 2010).

Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon, ana malzemeyi nem, sıcaklık, hava ve ışık gibi dış etkenlerden korumak, buharlaşma kayıplarını önlemek, fiziksel özellikleri daha iyi muhafaza etmek, işleme ve taşımayı kolaylaştırmak, doğru yerde ve doğru zamanda kontrollü salım sağlamak, istenmeyen tat ve kokuları maskeleyerek, diğer bileşenlerle reaksiyona girmesini önlemek ve az miktarda homojen seyreltme sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Estevinho vd. 2013, Fernandes vd. 2013, Rocha vd. 2012).

Mikroenkapsülasyonun gıda ürünlerinde, özellikle de yoğurt, peynir, dondurma, mayonez, balık yağı ve şekerleme gibi ürünlerde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknik, sıvı damlacıkların, katı partiküllerin veya gaz halindeki bileşenlerin gıda sınıfı kapsülleme malzemeleriyle kaplanmasını gerektirir. Gıda ürünleri tipik olarak mikrokapsüllenmiş katı ve sıvı yağlar, lezzet bileşenleri, vitaminler, mineraller, renk bileşenleri ve enzimler içerir (Koç vd. 2009).

2.2.1 Mikroenkapsülasyon ve Dondurmada Kullanımı Konusu ile ilgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Gelişen standartlar, değişen tüketici tercihleri ve gıda sektörünün gelişimi ve

mikroenkapsülasyonun kullanımına yönelik yenilikçi yaklaşımlarla birlikte küresel manzara önemli değişimler geçirmektedir. Bu yöntemlerden biri de mikroenkapsülasyondur. Gıdalarda depolama sırasında meydana gelen kayıpların önlenmesi giderek daha önemli hale gelmektedir. Ayrıca, fonksiyonel özelliklerin artırılması için de mikroenkapsülasyon yöntemi giderek daha önemli hale gelmektedir.

Mikroenkapsülasyon teknolojisi, gıda maddelerini ısı, ışık, nem ve oksijen gibi dış etkenlerden korumaya yarar. Çekirdek malzemenin etrafına inşa edilen duvar aracılığıyla kütle transferinin düzenlenmesini kolaylaştırır ve yabancı maddelerle istenmeyen reaksiyonları önler. Ayrıca, maddenin salınım bölgesinin ve salınımın kendisinin belirlenmesini sağlar. Bu da zamanlamanın kontrol edilmesini, çekirdek malzemeye ilişkili istenmeyen tat ve aromaların önlenmesini ve reaksiyon için uygun olmayan bir yapıdaki maddelerin ayrılmasını sağlar. Ayrıca, bu teknoloji çekirdek malzemeyi seyreltmek için de kullanılabilir (Guignon vd. 2002, Desai vd. 2005).

(Sheu vd. 1993) tarafından yapılan dondurulmuş sütlü tatlılarda sodyum aljinat ile kapsüllenmiş *Lactobacillus bulgaricus* bakterilerinin canlı hücre sayılarını ile yaptıkları çalışmalarında, kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş hücrelerin hayatta kalma oranları sırasıyla % 90 ve % 40 olarak tespit edilmiştir.

(Kheadar vd. 1999) yaptıkları çalışmada % 2 bakteriyel proteaz ve fungal proteaz içeren örnekleri lipozomal çözeltide kapsüllemiş ve pıhtılaştırmadan önce Cheddar peynirine işlenecek süte çeşitli oranlarda eklenmiştir. Enzim içermeyen kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, kapsüllenmiş proteinaz içeren peynirlerin daha yüksek nem ve daha düşük protein içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Reolojik ölçümlerde, araştırmacılar ayrıca kapsüllenmiş örneklerin daha az sert bir yapıya ve daha kırılğan bir peynire sahip olduğunu ve kapsüllenmiş fungal proteazın Cheddar peynirinin olgunlaşmasında lezzet-aroma ve yapı üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

(Kailasapathy and Lam 2005) Cheddar peynirinin olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla proteaz enzimlerini kapsüllemek için gellan, k-karragenan ve yüksek erime noktalı yağ fraksiyonu kullanmanın fizibilitesi üzerine yaptıkları çalışmada, k-

karragenan ile kapsüllenmiş numunenin proteoliz seviyesinin kontrol numunesinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada üretilen peynirlerin yağ ve tuz içeriğinin uygulamadan etkilenmediği, kapsül içeren örneklerin nem içeriğinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir.

(Homayouni vd. 2008) yaptıkları çalışmalarında, (*Lactobacillus casei* (Lc-01) ve *Bifidobacterium lactis* (Bb-12)) canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmak için bir çalışma yapılmıştır. Mikroenkapsüle edilmemiş probiyotik bakteri içeren ürün -20°C'de 180 gün boyunca saklanmış ve probiyotiklerin canlılığı izlenmiştir. Probiyotiklerin canlılığının 1. günde $5,1 \times 10^9$ ve $4,1 \times 10^9$ CFU/mL'den 180 gün sonra $4,2 \times 10^6$ ve $1,1 \times 10^7$ CFU/mL'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Kalsiyum aljinat ile mikroenkapsülasyonun ardından, probiyotik bakteriler aynı depolama sıcaklığı ve süresinde canlılıkları açısından gözlemlenmiş ve önceki değerlere göre % 30 daha yüksek canlı bakteri sayısı elde edilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, mikroenkapsülasyonun dondurma sırasında canlı probiyotik bakteri sayısını arttırmak için uygun bir alternatif yöntem olduğunu göstermektedir.

(Özer vd. 2009) yaptıkları çalışmalarında, probiyotik kültür olarak *Bifidobacterium bifidum* BB-12 ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 suşları kullanılmıştır. Enkapsüle kültürler içeren peynirlerde asetaldehit ve diasetil gibi lezzet ve aroma bileşenlerinin daha yoğun olduğu ve bu peynirlerin yapısındaki bakteri sayısının enkapsüle olmayan peynirlere kıyasla daha uzun süre stabilitesini koruduğu belirlenmiştir.

(Ortakçı 2010) probiyotik bir bakteri olan *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 suşunu %4 konsantrasyonda sodyum aljinat süspansiyonu içerisinde mikroenkapsüle ederek yoğurt üretiminde kullanmıştır. Sonuçlar *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356'nın en çok kullanılan probiyotik mikroorganizma olduğunu ve depolama sırasında terapötik etkilerini kaybetmediğini göstermiştir.

(Karthikeyan vd. 2013) mikrokapsüllenmiş *Lactobacillus casei* (NCDC-298) ve *Bifidobacterium animalis* spp. *lactis*'in (BB-12) dondurmadaki canlılığını değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada, dondurma karışımına %4 oranında

kapsüllenmiş probiyotik bakteri aşılamaşlardır. Depolamanın ilk gününde kontrol ve enkapsüle örneklerde sırasıyla $8,7 \times 10^9$ kob/ml ve $5,8 \times 10^9$ kob/ml olan *Lactobacillus casei* (NCDC-298), -23°C 'de 180 günlük depolama sonrasında sırasıyla $4,5 \times 10^6$ kob/ml ve $2,6 \times 10^8$ kob/ml olarak bulunmuştur.

(Arslan vd. 2016) yılında üç farklı yöntem kullanarak dondurulmuş yoğurda *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 eklemenin etkisini araştırmıştır. Dondurulmuş yoğurt, yoğurt karışımının dondurulmadan önce *L. acidophilus* ile fermente edildiği yöntem 1; yoğurt karışımında kullanılan toplam sütün %10'unun alındığı ve ardından *L. acidophilus* ile aşılandığı yöntem 2; fermente edilmiş sütün dondurulmadan önce dondurma karışımında bırakıldığı yöntem 3 ve dondurma karışımına *L. acidophilus*'un eklendiği ve karışımın dondurulmadan önce *L. acidophilus* ile fermente edilmediği yöntem 3 kullanılarak üretilmiştir. Sadece yöntem 1 ve 2 kullanılarak üretilen numunelerin 90 günlük depolama sonrasında geçerli sayımlarda hedef seviyeyi ($> 10^6$ cfu/g) aştığı rapor edilmiştir.

(Gupta and Singh 2020b), hidrokolloid stabilizatörlerin mikroenkapsüle edilmesi ve dondurma üretiminde kullanımı üzerine odaklanmıştır. Mikroenkapsüle edilen ksantan gam ve karboksimetil selüloz gibi stabilizatörlerin, dondurmanın erime direncini artırdığı ve tekstürel özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, stabilizatörlerin mikroenkapsülasyonu sayesinde dondurmanın homojen bir yapıya sahip olduğu ve buz kristali oluşumunun azaldığı belirtilmiştir.

(Jang and Kim 2020), probiyotik ve prebiyotiklerin mikroenkapsüle edilerek dondurma üretiminde kullanılmasının fonksiyonel gıda pazarına yönelik önemini incelemiştir. Mikroenkapsüle probiyotik ve prebiyotikler, dondurmanın sağlığa olan faydalarını artırmış, aynı zamanda dondurmanın raf ömrü boyunca besin içeriğinin korunmasını sağlamıştır. Ayrıca, tüketici panelinde yapılan duyusal analizler, mikroenkapsüle probiyotiklerin dondurmanın lezzet, yapı ve genel kabul edilebilirliğini artırdığını göstermiştir.

(Alvarez and Torres 2021), süt enzimlerinin mikroenkapsüle edilerek dondurma üretim

süreçlerinde kullanılmasının etkileri incelenmiştir. Mikroenkapsüle süt enzimlerinin, dondurma miksinin işleme süresini kısaltarak enerji tasarrufu sağladığı ve ürünün tekstürel yapısını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca, enzimlerin mikroenkapsüle edilmesi, protein parçalanmasını azaltarak dondurmanın pürüzsüz bir yapı kazanmasını sağlamıştır.

(Shama and Yadav 2021), yağ yerine geçen maddelerin mikroenkapsüle edilerek dondurma üretiminde kullanımı incelenmiştir. Mikroenkapsüle yağ ikamelerinin, dondurmanın yağ içeriğini azaltırken kremamsı dokuyu koruduğu ve tüketici duysal kabulünü artırdığı bulunmuştur. Mikroenkapsülasyon, yağ yerine geçen maddelerin dondurmanın reolojik ve duysal özellikleri üzerindeki etkisini optimize etmek için önemli bir yöntem olarak vurgulanmıştır.

(Kumar vd. 2022), probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonu üzerine yoğunlaşmış ve dondurma üretiminde kullanılmasını incelemiştir. Araştırma sonucunda mikroenkapsüle probiyotiklerin, dondurmanın donma-depolama koşullarında daha yüksek hayatta kalma oranına sahip olduğu ve duysal kabul edilebilirliğinin iyileştiği bildirilmiştir. Bu çalışma, işlevsel bileşenlerin mikroenkapsülasyonunun, dondurmanın fonksiyonel özelliklerini artırarak tüketici talebini karşılamada önemli bir araç olabileceğini göstermektedir.

(Rodriguez vd. 2022), diyet liflerinin mikroenkapsülasyonunun dondurma üretiminde kullanımını incelemiştir. Diyet lifleri, mikroenkapsüle edildikten sonra dondurma formülasyonuna eklenmiş ve dondurmanın besin değerinin artırıldığı bulunmuştur. Ayrıca, bu liflerin mikroenkapsülasyon yoluyla kullanılması, dondurmanın sindirilebilirliğini artırırken dokusunun bozulmasını önlemiştir.

(Pinto and Furtado 2023), doğal antioksidanların mikroenkapsüle edilmesi ve dondurmada kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmada, mikroenkapsüle edilen doğal antioksidanların dondurmanın oksidatif stabilitesini artırdığı ve raf ömrünü uzattığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu antioksidanların dondurmanın duysal özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı, hatta lezzet profilini iyileştirdiği bulunmuştur. Bu sonuçlar,

mikroenkapsülasyon teknolojisinin dondurma gibi süt ürünlerinde fonksiyonel bileşenlerin etkinliğini artırmada kullanılabileceğini göstermektedir.

2.3 Dondurmada Kullanılan Hammaddeler

Dondurma, süt ürünleri, tatlandırıcılar, stabilizatörler, soya ve yumurta lesitini gibi emülgatörler ve diğer tatlandırıcıların bir karışımından yapılır. Farklı dondurma türleri yapmak için kullanılabilecek farklı hammaddeler vardır. Ancak bu hammaddelerin bitmiş ürün üzerindeki etkisi hammaddelerin bileşenleri tarafından belirlenir. Dondurmanın bileşiminde kullanılan bileşenler kimyasal, fiziksel, dokusal ve duyuşal açıdan nihai ürünün kalitesini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle kaliteli dondurma üretmek için başta süt olmak üzere hammaddelerin özelliklerine göre seçilmesi ve yasal kullanım sınırları içerisinde dondurma formülasyonuna dahil edilmesi gerekmektedir (Arbuckle 2013).

Dondurma üretimi sırasında karışıma eklenen maddeler karakteristik özelliklerin oluşumuna katkıda bulunur. Stabilizatörler, ürün özelliklerini etkileyen hammaddelerden biridir. Dondurma üretiminde kullanıldığında, stabilizatörler dondurma karışımındaki serbest suyu bağlar, jel yapısını korur, karışımın viskozitesini artırır, pürüzsüz bir yapı ve doku oluşturur, erime sırasında ürünün şeklini korur ve pıhtılaşmayı önler. Dondurma üretiminde jelatin, guar gum, sodyum karboksimetil selüloz, keçiyoynuzu sakızı, karragenan, ksantan sakızı, aljinat ve salep gibi stabilizatörler kullanılmaktadır. Stabilizatörler dondurmanın erime kalitesini ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Ayrıca dondurmadaki buz kristallerinin duyuşal algı üzerindeki etkisinden dolayı oluşan buzlanma hissini azaltıcı etkiye sahiptirler (Ünal 2012). Yukarıda belirtilen işlevlerinin dışında stabilizatörlerin bir diğer özelliği de dondurmanın duyuşal özelliklerini etkilemektir. Örneğin, dondurmadaki serum fazının viskozitesi dondurmanın ağızda bıraktığı hissi (doku ve kıvam gibi) etkiler ve daha iyi bir doku ve kıvam ürünün genel kabul edilebilirliğini artırır. Stabilizatörler ayrıca buz kristallerinin duyuşal algısını etkileyerek oluşabilecek buz hissini azaltabilir (Ünal 2012).

Yüksek kaliteli dondurma üretmek ve her bir bileşenin dondurma karışımı üzerinde doğru etkiye sahip olmasını sağlamak için, iyi formüle edilmiş ve dengeli bir karışımın yanı sıra doğru dondurma işleme, dondurma ve sertleştirme prosedürlerine sahip olmak çok önemlidir. Bununla birlikte, kaliteli bileşenlerin seçimi, başarılı dondurma üretiminde şüphesiz en kritik faktördür. Hijyenik, taze, kremsi bir doku dondurma için esastır ve ancak dikkatli bir üretim ve yüksek kaliteli bileşenlerin kullanımıyla elde edilebilir. Dondurma, her biri nihai ürünün dokusuna önemli ölçüde katkıda bulunan çeşitli bileşenler kullanılarak yapılabilir (Goff ve Hartel 2013).

2.3.1 Süt

İnek sütü, besin içeriği ve işlenebilirliği nedeniyle gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan süttür. Besin içeriği incelendiğinde, inek sütünün yaklaşık % 87'sinin su, % 12,6'sının ise kuru madde olduğu görülmektedir. Kuru maddenin %3,9'u yağ, %3,2'si protein, % 4,6'sı laktoz ve % 0,9'u mineral ve vitaminlerden oluşmaktadır. Sütün su dışındaki bu bileşenleri farklı fiziksel formlarda bulunur. Laktozun çözünmüş, proteinin kolloidal olarak dağılmış ve yağın emülsifiye olmuş olması sütün polidispers bir gıda olduğunu gösterir. Sütün bu fiziksel özellikleri, gıda endüstrisinde sütün ana bileşenlerinin ticari olarak ayrılmasını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır (Harding 1995).

Dondurma üretmek için kabul edilebilir mikrobiyolojik kalitede süt işlemek gerekir (*Salmonella* (cfu/g) 0/25g-ml, *Listeria monocytogenes* (cfu/g): 0/25g-ml, *E.coli* O157 (cfu/g): 0/25g-ml) ve renk, tat, koku veya görünümde herhangi bir değişiklik olmadan (Anonim 2009, Megap 2013).

2.3.2 Şeker

Dondurma üretiminde şeker, sadece tatlandırıcı olarak değil, aynı zamanda ürünün yapısal özelliklerini geliştiren önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Şeker, dondurma karışımındaki diğer bileşenlerle etkileşime girerek donma noktasını düşürür, buz kristallerinin boyutunu küçültür ve pürüzsüz bir yapı oluşturur (Goff ve Hartel 2013, Patel vd. 2021).

Genellikle toz veya sofr  şekeri olarak bilinen sakkaroz, şek r kamışı veya şek r pancarından üretilir. Kristalize formda, bu şek rin yoğunluğu yaklaşık 1,588 g/ml'dir ve % 99,9 oranında saftır, sadece az miktarda su veya yabancı madde içerir. Dondurma karışımlarında kolayca       r, ancak sorbelerde veya şuruplarda tek tatlandırıcı olarak kullanıldığında yüzey kristalleşmesine neden olabilir. Bu nedenle sıvı tatlandırıcıların veya şurupların kullanılması daha uygundur (Goff ve Hartel 2013).

Dondurma  retiminde kullanılan şek r miktarının azaltılmasının tatların bozulmasına ve buz kristallerinin oluşmasına yol açabileceği bilinmektedir. Dondurma  retiminde kullanılan ideal şek r oranı genellikle % 12-20 arasında değişmektedir (      2010).

2.3.3 Yağsız Süt Tozu

Dondurma  retiminde önemli bir bileşen olup, genellikle süt proteinleri ve laktoz içeriğini artırarak ürünün yapısını ve kıvamını iyileştirmek amacıyla kullanılır. Dondurma  retiminde kullanılan yağsız süt tozu, özellikle toplam kuru madde miktarını artırarak dondurmanın stabilitesini sağlar ve tekstürel özelliklerini iyileştirir. Aynı zamanda, suyun tutulmasına yardımcı olur, buz kristali oluşumunu engeller ve dondurmanın daha pürüzsüz bir yapı kazanmasına katkıda bulunur (Goff & Hartel 2013, Patel vd. 2020, Ramirez vd. 2021).

Yağsız süt tozu, dondurma üretiminde protein ve laktoz içeriği artırılarak toplam kuru madde miktarının dengelenmesine yardımcı olur. Dondurma formülasyonlarında süt yağı oranı azaltılırken dondurmanın yapısal bütünlüğünü sağlamak ve dondurmanın dokusunu iyileştirmek amacıyla kullanılır. Yağsız süt tozunun dondurma üretiminde kullanımının, ürünün kremamsı yapısını artırdığını ve dondurmanın genel kabul edilebilirliğini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, laktoz içeriği sayesinde donma noktası üzerinde de olumlu bir etkisi vardır (Patel vd. 2020).

2.3.4 Krema

Türk Gıda Kodeksi 'Krema ve Kaymak Tebliği'ne göre krema, yağsız sütte fiziksel bir

ayırma işlemi ile sütte elde edilen süt yağının yağca zengin emülsiyonu olarak tanımlanmaktadır (Megep 2013).

Dondurma üretiminde kullanılan kremanın bileşimi farklılık göstermekle birlikte, % 40 yağlı bir krema % 40 yağ, % 54,5 su, % 2,1 protein, % 3 laktoz ve % 0,4 mineral madde içermektedir (Üçüncü 2010). Üretimdeki süt yağı kaynakları arasında krema, tereyağı, süt, tereyağı yağı, süt tozu ve bitkisel yağlar bulunmaktadır. Bazı ülkelerde dondurma üretiminde bitkisel yağ kullanımı yasaklanmıştır. Dondurma karışımındaki yağ eksikliğini telafi etmek için kullanılabilecek en uygun maddenin krema olduğu bilinmektedir. Yüksek yağ içeriğine sahip olan krema, belirli bir miktar süt ile karıştırıldığında karışımın yağ içeriğini istenilen seviyeye getirmektedir. Karışıma krema eklenmesi dondurmaya daha hacimli bir yapı kazandırır, bu da daha yumuşak ve hafif bir doku oluşturur (Uyanık 2021).

Dondurmanın lezzetinin bir kısmı, trigliseritlerin bir parçası olan bütirik asit gibi kısa zincirli uçucu yağ asitlerinden gelir. Dondurma karışımları için en iyi süt yağı taze sütte elde edilen taze kremadır. Acılaşma veya yağ oksidasyonu olmayan kaliteli krema, tüm süt bazlı gıdalar için en iyi kaliteyi sağlar. Dondurma üreticileri için de kolaylıkla temin edilebilir. Dezavantajı ise pahalı bir yağ kaynağı olan kremanın dondurmada çeşitli bitkisel yağlarla birlikte kullanılmasıdır. Bakteri üremesini önlemek için krema 4°C veya altında saklanmalıdır. 40 yağ içeren kremanın titre edilebilir asitliği 0,10'dan fazla olmamalıdır. Krema tipik olarak dondurma formülasyonlarına tam yağlı veya yağsız süt ile dondurma karışımını standartlaştırmak için eklenir (Goff ve Hartel 2013).

2.3.5 Emülgatör

Emülgatörler, dondurmada yaygın olarak kullanılan ve iki fazı bir süre bir arada tutarak fiziksel kusurları önlemeye yardımcı olan, tekstür ve duyu özellikleri üzerinde olumlu etkileri olan katkı maddeleridir (Güven vd. 2010).

Emülgatörler, dondurma üretiminde hayati bir bileşen olup, yağ-su fazlarının

stabilizasyonunu sağlar ve homojen bir yapının korunmasına yardımcı olur. Dondurmadaki yağ damlacıklarının yüzey gerilimini azaltarak, hava kabarcıklarının stabilize edilmesine yardımcı olur ve böylece ürünün pürüzsüz ve kremi bir yapıya sahip olmasını sağlar. Emülgatörler, dondurmanın erime hızını yavaşlatarak, raf ömrünü uzatır ve daha iyi bir ağız hissi yaratır (Marshall vd. 2020, Patel vd. 2021). Emülgatörlerin dondurma üretiminde hava fazının dağılımını düzenleyerek ürünün daha hafif ve yumuşak bir doku kazanmasını sağladığını ürünün dokusal bütünlüğünü iyileştirir ve erime direncini artırır (Marshall vd. 2020).

Emülgatörler dondurmanın hacmini artırır (overrun) ve dondurmada büyük buz kristallerinin oluşumunu azaltırlar ve istenen pürüzsüz dokuyu ve kremi ağız hissini sağlarlar (Lal 2006).

2.3.6 Stabilizatör

Stabilizatörler, nihai ürünün istenen kıvam ve dokusunu korumak için çok önemli bir özellik olan serbest suyu bağlama kabiliyetleri nedeniyle dondurma üretiminde tercih edilen viskozite arttırıcılardır. Stabilizatörlerin kullanımı, dondurmada düzensiz ve homojen olmayan bir dokuya ve depolama sırasında istenmeyen kristalleşmeye neden olabilecek büyük buz kristallerinin oluşumunu önlemeye yöneliktir. Dondurma formülasyonlarında en yaygın olarak kullanılan stabilizatörler arasında guar sakızı, keçiyoynuzu sakızı, karboksimetil selüloz (CMC), ksantan sakızı ve diğer polisakkaritler bulunur. Dondurma üretiminde stabilizatör kullanmanın temel amacı, buz kristallerinin boyutunu küçülterek ve özellikle depolama ortamlarına özgü sıcaklık dalgalanmaları sırasında ürünün erimeye karşı direncini artırarak pürüzsüz bir doku ve yapı elde etmektir (Muhr ve Blanshard 1983).

Stabilizatörler çok sayıda işleve hizmet eder. Tipik olarak kimyasal bozulmaya karşı hassas olan ürünlerin üretim süreci boyunca tutarlılıklarını korumalarını garanti ederler. Ayrıca, gıda maddeleri üzerinde fiziksel etkiler de gösterirler. Diğer katkı maddelerine kıyasla stabilizatörler daha az toksikolojik ve fizyolojik etki gösterirler. Ayrıca, sindirim

süreçlerini etkilerler ve yabancı maddelerin emilimini kolaylaştırır. Stabilizatörlerin gıda üzerindeki etkisi incelendiğinde şu hususlar ortaya çıkmaktadır:

Jöleleme, süspansiyon haline getirme, stabilize etme ve emülsifiye etme gibi birçok özelliği vardır. Kullanım alanları arasında vitaminler, mineraller, amino asitler ve bunların türevlerini ekleyerek gıdanın besin değerini arttırmanın yanı sıra koyulaştırma da yer alır. Nişasta ve diğer kıvam arttırıcılar, gıdanın hacmini arttırmak ve daha pürüzsüz ve görsel olarak daha çekici bir doku elde etmek için kullanılır. Örneğin, kıvam arttırıcılar hazır pudingleri istenen kıvamda katılaştırmak ve meyveli yoğurtlara daha pürüzsüz bir yumuşaklık vermek için kullanılır. Algin, salata soslarını koyulaştırmak ve cilt kremlerinin kıvamını düzenlemek için yaygın olarak kullanılan bir kıvam arttırıcıdır. Üreticilerin daha ucuz meyveli yoğurt elde etmek için kullandıkları bir yöntem, yoğurda meyvenin yanı sıra renk ve aroma maddeleri ile mısır nişastası ekleyerek daha fazla meyve içeriyormuş görüntüsü vermektir. Emülsifiyerler normalde birbirine karışmayan yağ ve su gibi ürünleri birbirine karıştırmak için kullanılır. Stabilizatörler ise bu kimyasal olarak ayrışmaya meyilli ürünlerin üretim zinciri boyunca ayrışmadan aynı kıvamda kalmasını sağlar. Sıvıların yüzeylerinde köpürmeyi sağlayan ya da gerekirse köpürmeyi engelleyen, yüzeye parlak ya da mat bir görünüm veren ya da yüzeyi koruyan katkı maddeleridir. Stabilizatörler salata soslarında ve içmeye hazır içeceklerde yaygın olarak kullanılır (Goff ve Hartel 2013, Marshall vd. 2020, Mudgil ve Barak 2020, Saha ve Bhattacharya 2020).

Dondurma, buz kristalleri, hava kabarcıkları ve yağ globüllerinden oluşan karmaşık bir yapıdır. Dondurmanın yapısal bütünlüğünü sağlamak ve dokusal özelliklerini korumak için, dondurma işlemi sırasında buz kristallerinin birleşmesini ve büyümesini önlemek ve ayrıca laktoz kristallerinin oluşumunu engellemek için hidrokolloidal stabilizatörler kullanılır. Dondurma karışımını koyulaştırmanın yanı sıra, stabilizatörler bitmiş ürünün dokusunu ve ağızda bıraktığı hissi geliştirir. Dondurma endüstrisinde, optimum sonucu elde etmek için üretim sürecinde tek başına veya kombinasyon halinde çeşitli stabilizatörler kullanılmaktadır (Kaya ve Tekin 2001). En yaygın kullanılan stabilizatörler keçiboynuzu sakızı, guar sakızı ve karboksimetil selülozdur. Daha az sıklıkla kullanılan stabilizatörler arasında sodyum aljinat, ksantan, jelatin ve diğer yeni

veya bölgesel kaynaklar bulunmaktadır (Bahramparvar ve Mazaheri 2011).

2.3.6.1 Guar Gam

Guar gam (guar sakızı), son yıllarda gıda endüstrisinde ve birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılan doğal bir hidrokolloiddir. Guar bitkisi (*Cyamopsis tetragonolobus*) tohumlarından elde edilen bu polisakkarit, özellikle su tutma ve kıvam artırma özellikleriyle öne çıkar. Guar gamın temel bileşeni galaktomannan olup, bu yapı mannozdan oluşan bir omurgaya ve galaktoz yan zincirlerine sahiptir. Bu yapısal özellikleri sayesinde guar gam, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskozite oluşturur (Gupta vd. 2020a).

Guar sakızı kendine özgü ve ilgi çekici fiziksel özellikler sergiler. Guar sakızı sadece suda yüksek çözünürlük gösterir. Yüksek kaliteli guar sakızı bile homojen dağılımı nedeniyle oda sıcaklığında viskoziteyi 10.000 santipoise (cP) kadar artırma potansiyeline sahiptir. Çok küçük miktarlarda sıcak veya soğuk suya eklendiğinde, guar sakızı viskoz bir kolloidal çözelti oluşturur. Guar sakızı, soğuk suda tam viskoziteye ulaşma kabiliyeti sergilerken, diğer sakızlar aynı viskoziteye ulaşmak için daha uzun bir ısıtma süresi gerektirir (Sharma vd. 2018).

Guar gamın, dondurma üretiminde yaygın bir stabilizatör olarak kullanıldığı bilinmektedir. Dondurmanın erime direncini artırır, buz kristallerinin büyümesini engeller ve pürüzsüz bir tekstür sağlar. guar gamın dondurma üretimindeki rolünü incelemiş ve bu stabilizatörün viskoziteyi artırarak ürünün erime sürelerini uzattığını ve genel kabul edilebilirliğini iyileştirdiğini rapor etmiştir. Guar gamın kullanımı, dondurmanın ağızda daha kremamsı bir his bırakmasına yardımcı olurken, erime süresini geciktirir (Gupta vd. 2019).

2.3.6.2 Keçiboynuzu Gamı

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği (E 410) gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı, serbest su bağlayıcı ve viskozite değiştirici olarak kullanılmaktadır. Modifiye edici ve stabilize edici özelliklerinden büyük ölçüde yararlanılmaktadır (Gönç

ve Gahun 1980, Günay 2000). Dondurma ve sos üretim teknolojisi, stabilizatörler, yumuşak peynir ve ekmek, makarna, kek ve hamur işleri gibi ürünlerde doku düzenleyici olarak ve sosis üretiminde bağlayıcı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca eczacılık, kozmetik, kağıt ve tekstil alanlarında da kullanılmaktadır (Yurdagel ve Teke 1985, Günay 2000, Avallone vd. 2002).

Keçiyoynuzu gamının iyonik olmayan yapısı ona geniş bir pH aralığında (3,5-11,0) stabilitesini koruma kapasitesi kazandırır. Ayrıca, bu özellik keçiyoynuzu sakızının, sistemin stabilitesini arttırmak için sinerjik olarak etkileşime giren çok sayıda ek stabilize edici madde ile kombinasyonuna izin verir. Tek başına jel: Jelleşme özelliği olmayan keçiyoynuzu sakızı, ksantan sakızı ile birlikte kullanıldığında yumuşak, esnek bir jel yapısı oluşturabilir. Sonuç olarak, jel benzeri yapıya sahip diğer gıdaların yanı sıra az yağlı pudinglerde, kremalarda ve kek dolgularında kullanılır (Turhan 2004).

2.3.6.3 Ksantan Gam

Ksantan gam, doğal bir polisakkarit olup, *Xanthomonas campestris* bakterisi tarafından üretilen fermentasyon ürünü olarak bilinir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak stabilizatör, kıvam artırıcı ve emülgatör olarak kullanılmaktadır. Ksantan gam, yüksek viskozite sağlayan ve geniş bir sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonu aralığında işlevselliğini koruyabilen çok yönlü bir bileşendir. Bu özellikleri sayesinde ksantan gam, özellikle gıda ürünlerinde kıvam, stabilite ve tekstür üzerinde önemli rol oynar. Ksantan gam, selüloz yapısına benzer bir yapıya sahip olup, β -D-glikoz, D-mannoz ve D-glukuronik asit birimlerinden oluşur. Ksantan gamın moleküler yapısı, onun suda çözünürlük ve viskozite artırma yeteneklerini belirler. Düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskozite sağlayabilmesi, özellikle sıvı gıdalarda kullanımını önemli kılmaktadır (Garcia-Ochoa ve Santos 2021).

Ksantan gam, gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle soslar, çorbalar, salata sosları, unlu mamuller, dondurmalar ve süt ürünlerinde kıvam artırıcı olarak kullanılır. Ksantan gam, viskoziteyi artırarak gıda ürünlerinin dengesini ve stabilitesini sağlar. Ksantan gamın süt bazlı ürünlerde stabilizatör olarak kullanıldığında

ürünün faz ayrışmasını engellediği ve homojenliğini koruduğu gösterilmiştir. Ayrıca, düşük konsantrasyonlarda bile etkili olması, onu ekonomik bir seçenek haline getirmektedir (Rosalam ve England 2022).

Ksantan gamın dondurma üretiminde kullanımı, dondurmanın erimeye karşı direncini artırması ve buz kristali oluşumunu engellemesi nedeniyle yaygındır. Ksantan gam, dondurmanın tekstürel özelliklerini iyileştirir ve raf ömrünü uzatır. ksantan gamın dondurma üretiminde kıvam artırıcı olarak kullanıldığında, dondurmanın erime süresini uzatarak daha uzun süre stabil kalmasını sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, ksantan gamın viskoziteyi artırarak dondurmanın pürüzsüz bir yapıya sahip olmasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Gupta vd. 2020a).

2.3.6.4 Karboksimetil Selüloz (CMC)

Karboksimetilselüloz (CMC), suda çözünebilen ve doğal selülozdan türetilen yarı sentetik bir polisakkarit olup, gıda endüstrisinde yaygın olarak kıvam artırıcı, emülgatör ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. CMC'nin kimyasal yapısı, selülozun karboksimetil gruplarıyla modifiye edilmesiyle elde edilir ve bu modifikasyon, CMC'nin suda çözünürlüğünü ve kıvam artırma kapasitesini artırır. Özellikle dondurma, süt ürünleri, soslar ve fırıncılık ürünlerinde kullanılır. CMC, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskozite oluşturabilme yeteneği ile bilinir. CMC, selülozun karboksimetil grupları ile modifiye edilmesi sonucu elde edilir. CMC'nin moleküler yapısı, onun yüksek su tutma kapasitesi ve viskozite artırma yeteneği kazanmasına olanak tanır (Mudgil ve Barak 2020).

CMC, özellikle gıda sanayisinde yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Gıda ürünlerinde kıvam artırıcı, emülgatör ve stabilizatör olarak kullanılan CMC, unlu mamuller, dondurma, soslar, süt ürünleri ve hazır gıdalarda bulunur. CMC'nin viskozite artırma kapasitesi, düşük konsantrasyonlarda bile etkinlik sağlar (Jain vd. 2021).

Dondurma üretiminde CMC, buz kristallerinin oluşumunu engelleyerek daha pürüzsüz ve homojen bir yapı sağlar. Aynı zamanda dondurmanın erimeye karşı direncini artırır.

CMC, dondurmanın kıvamını iyileştirir ve ağız hissiyatını artırır (Gupta vd. 2019).

2.3.6.5 Karragenan

Karregen, deniz yosunlarından elde edilen doğal bir polisakkarit olup, gıda endüstrisinde yaygın olarak stabilizatör, kıvam artırıcı ve jelleştirici olarak kullanılmaktadır. Karregenler, kırmızı deniz yosunlarından (Rhodophyceae) ekstrakte edilen ve jel yapıcı özelliklere sahip olan bir grup doğal hidrokolloiddir. Özellikle süt ve süt ürünlerinde kullanım açısından karregenler, diğer stabilizatörlerle birlikte çalışarak dondurma, sütlü tatlılar ve peynir gibi ürünlerin dokusal ve reolojik özelliklerini iyileştirmektedir. Karregenin kappa (κ), iota (ι), ve lambda (λ) olmak üzere üç ana türü bulunmaktadır ve bu türler, farklı gıda uygulamalarında kullanılmaktadır. İyotta karregen (ι -karregen), yumuşak ve elastik jeller oluşturma kapasitesi nedeniyle özel bir yere sahiptir (Saha ve Bhattacharya 2020).

İyotta karregen, 1,4 bağlı D-galaktoz ve 3,6-anhidro-D-galaktoz birimlerinden oluşur ve moleküler yapısı sayesinde su tutma ve jel oluşturma kapasitesine sahiptir. Özellikle düşük konsantrasyonlarda bile yüksek stabilite sağlar ve elastik jel yapısı nedeniyle diğer karregen türlerinden farklı olarak, yumuşak ve elastik gıda yapılarında tercih edilir. İyotta karregenin düşük sıcaklıklarda bile jel oluşturma kapasitesine sahip olduğunu ve çeşitli gıdalarda kullanımının yaygın olduğunu belirtmişlerdir (Saha ve Bhattacharya 2020).

İyotta karregen, gıda sanayisinde özellikle süt bazlı ürünlerde kıvam artırıcı ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Süt ve süt ürünleri, dondurma, yoğurt ve puding gibi ürünlerde stabilite sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. İyotta karregen, jelleşme sürecinde kalsiyum iyonları ile etkileşime girerek elastik yapılar oluşturur. İyotta karregenin süt ürünlerinde kıvam artırıcı olarak kullanıldığında ürünün stabilitesini artırdığı ve buz kristali oluşumunu engellediği gözlemlenmiştir. Özellikle dondurma üretiminde, erime direncini artırarak pürüzsüz bir yapı sağlar (Gupta vd. 2019).

İyotta karregen, dondurma üretiminde yaygın olarak kullanılan bir stabilizatördür. Dondurmanın viskozitesini artırarak buz kristallerinin büyümesini engeller ve daha yumuşak bir yapı sağlar. Aynı zamanda erime süresini uzatarak ürünün raf ömrünü iyileştirir. İyotta karregenanın dondurma gibi donmuş ürünlerde tekstürel özellikleri iyileştirdiğini ve erimeye karşı direnci artırdığını vurgulamışlardır. İyotta karregen, yüksek viskozite sağlayarak dondurmanın pürüzsüz ve kremamsı bir yapıya sahip olmasını destekler (Rosalam ve England 2021).



3. MATERİYAL ve METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan inek sütü, şeker, % 35 yağlı krema (President), yağsız süt tozu (Bağdat), emülgatör (E 471), guar gam, keçiyoynuzu gamı, ksantan gam, karboksimetil selüloz (CMC) ve iyotta karregen an gibi stabilizatörler Afyonkarahisar piyasasından temin edilmiştir.

3.2 Metod

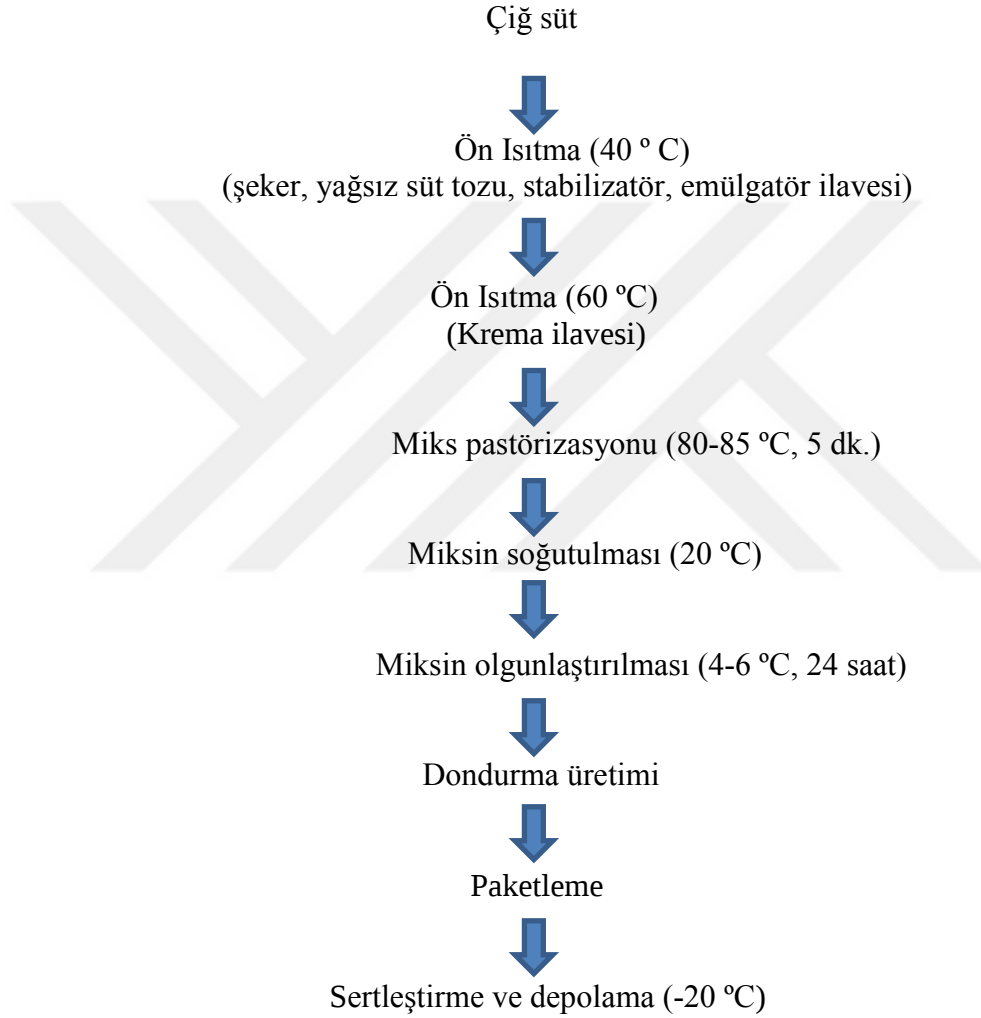
3.2.1 Kaplamaların Hazırlanması

Stabilizatör çözeltisi hazırlanmıştır. Stabilizatör (iyotta karregen an) ve kaplama malzemeleri (ksantan gam, keçiyoynuzu gamı, karboksimetil selüloz, guar gam) bir araya getirilerek sulu bir çözelti oluşturulmuştur. Stabilizatör çözeltisi, mikroflüidizasyona uygun bir emülsiyon oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Emülsifikasyon işlemi sırasında yağ fazı ve su fazı karıştırılarak stabilizatörlerin yüzeyine kaplama malzemesi dağıtılmıştır. Hazırlanan emülsiyon, yüksek basınçlı mikroflüidizatörden geçirilmiştir. Bu işlem sırasında, kaplama materyali stabilizatörlerin yüzeyine eşit şekilde yayılır ve homojen bir kapsül yapı oluşturulmuştur. Mikroflüidizasyon sayesinde, emülsiyon içindeki damlacıklar nano boyutlara kadar küçültülerek daha ince bir kapsül tabakası elde edilmiştir. Mikroflüidizasyon sonrası, kapsüllerin sertleşmesi ve stabilizasyonu için dondurarak kurutma kullanılarak yapılmıştır.

3.2.2 Dondurma Üretimi

Dondurma üretimi için gerekli süt miktarı hesaplanmıştır. Dondurma karışımı, belirtilen bileşenlerin (süt, şeker, yağsız süt tozu, krema, emülgatör ve stabilizatör) belirtilen oranlarda bir araya getirilmesiyle hazırlanmıştır. Prosesin ilk aşamasında çiğ süt 40°C'ye kadar ısıtılmış ve ardından şeker, yağsız süt tozu, stabilizatör ve emülgatör eklenmiştir. Daha sonra krema 60°C'de eklenmiş ve sürekli karıştırılarak bu sıcaklıkta

tutulmuştur. Daha sonra karışım 85°C'de beş dakika süreyle pastörizasyona tabi tutulmuş, dondurma karışımı 20°C'ye soğutulmuş, kaplara aktarılmış ve 24 saat boyunca 4°C'de olgunlaşmaya bırakılmıştır. Olgunlaşan miks (CRM, Gel 25 C, İtalya), dondurma makinasından geçirilmiş ve sonrasında paketlenerek -20°C'de depolanmıştır. Dondurma üretim akış şeması Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1 Dondurma üretim akış şeması (Kılınç ve Şevik 2021).

3.2.3 Hammadde Analizleri

3.2.3.1 Kurumadde Miktarı

Gravimetrik yöntem ile çiğ sütte toplam kuru madde içeriği belirlenmiştir (AOAC 1990).

3.2.3.2 Protein Miktarı

Kjeldahl yöntemi toplam azot içeriği belirlenmiştir. (AOAC 1990).

3.2.3.3 pH Değeri

ST 270 cam problu Ohaus ST 3100F model pH metre ile pH değerleri ölçülmüştür.

3.2.3.4 Yağ Miktarı

Gerber yöntemi ile çiğ sütün yağ içerikleri belirlenmiştir (AOAC 1990).

3.2.3.5 Titrasyon Asitliği

Titration asitliği alkali titrasyon yöntemi ile saptanmış, % laktik asit cinsinden sonuçlar ifade edilmiştir (Metin 2016).

3.2.4 Kaplama Analizleri

3.2.4.1 Renk Analizi

Kaplama toz örneklerinin renk değerleri otomatik renk belirleme cihazı (Hunter Lab colorimeter) kullanılarak ölçülmüştür. İlk olarak, cihaz standart bir kalibrasyon skalası ile kalibre edilmiştir. Daha sonra dondurma ve toz örnekleri cihazın küvetine doldurulmuş ve L*, a* ve b* değerlerini belirlemek için okumalar yapılmıştır (Çelik vd. 2009).

3.2.4.2 SEM Analizi

Farklı türlere ait örnekler, herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan FEI marka QUANTA FEG 250 model taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM) kullanılarak incelenmiştir. Elektron mikroskobu görüntülemesi geniş alan düşük vakumlu ikincil elektron dedektörü (LFD-low vacuum detector) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler, yaklaşık 1,0 cm çapında özel olarak tasarlanmış örnek tutuculara karbon iletken çift taraflı bantlar yapıştırılarak hazırlanmış ve görüntüleme standart laboratuvar

koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, numuneler uygun hızlanma potansiyellerinde incelenmiş ve optimum çözünürlüğü sağlayan çalışma koşullarında görüntülenmiştir.

3.2.5 Dondurma Miksinde Tekstür

Dondurma karışımının sertliği, kıvamı, kohezifliği ve viskozite indeksi bir TA.XT Plus Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Birleşik Krallık) ile back ekstrüzyon düzeneği kullanılarak belirlenmiştir (Sert vd. 2017).

3.2.6 Dondurmada Yapılan Analizler

3.2.6.1 Kuru Madde Tayini

Kurutma kapları bir temizleme işlemine tabi tutulmuş ve ardından sabit bir ağırlık elde edilene kadar 103°C'de kapakları kısmen açık olarak kurutma kabinlerine (Thermoscientific Heraeus) yerleştirilmiştir. Kaplar çıkarıldıktan ve desikatörde soğutulduktan sonra tara ağırlıklarını elde etmek için tartılmıştır.

Kurutma kabına 5 ila 6 gram ağırlığında bir miktar dondurma numunesi yerleştirilmiştir. Ardından, kap 1,5 ila 2 saatlik bir süre boyunca 105°C'de tutulan bir fırına yerleştirilmiştir. Daha sonra kapak kapatılmış ve kap bir desikatörde soğutularak tartılmıştır. Alınan numune miktarı, tartılan değere ve eleğe göre kuru madde miktarına göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Anonim 1990).

$$\% \text{ Kuru Madde} = \frac{\text{Son Tartım-Kurutma Kabının Darası}}{\text{Örnek Miktarı}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.6.2 pH Tayini

100 gram dondurma örneği bir kapta 20°C'ye kadar eritildikten ve distile su ile yıkandıktan sonra pH metre elektrodu dondurmanın içine yerleştirilir ve ölçüm yapılmadan önce okunan değer sabitleneneye kadar beklenir.

3.2.6.3 Titrasyon Asitliği Tayini

9 gram dondurma örneği 9 mL oda sıcaklığında damıtılmış su ve fenolftalein indikatörü (%1) ile karıştırılmıştır. Örnekler 0,1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk elde edilene kadar titre edilmiş ve sonuç aşağıdaki formül kullanılarak % laktik asit olarak hesaplanmıştır (Kurt 1993).

$$\% \text{ LA} = \frac{N \times 0.09 \times V}{m} \times 100 \quad (3.2)$$

N: Fenolftaleinin normalitesi

V: Harcanan 0,1 N NaOH çözeltisinin hacmi (mL)

m: Örneğin ağırlığı (g)

3.2.6.4 Renk Değerleri

Dondurma örneklerindeki renk tayini 3.2.4.1 nolu başlıktaki metoda göre yapılmıştır.

3.2.6.5 İlk Damlama Süresi Tayin

Tel kalınlığı yaklaşık 1,0 mm olan ve her 2,50 cm'sinde yaklaşık 10 delik bulunan tel ızgaralardan ve 400 mL'lik beherler kullanılarak ilk damlama süresine bakılmıştır. Öncelikle beher ve tel ızgaraların daraları ölçülmüştür. Daha sonra -25 °C'de depolanmış olan dondurmalarından tel ızgaralar üzerine 20 gram civarı tartılarak konulmuştur. Dondurmaların ilk damlama süresi 20 °C'de bekletilerek saniye olarak ölçülmüştür.

3.2.6.6 Tamamen Erime Süresi Tayin

Sertleşmiş dondurma örnekleri 20 °C'de bir beherin üstünde 0,2 cm'lik bir tel örgü ekran üzerinde erimeye bırakılmıştır ve dondurmalar tamamen erimesi için geçen süre (dk) cinsinden kaydedilmiştir (Güven ve Karaca 2002).

3.2.6.7 Hacim Artışı

Belirli bir hacimdeki dondurma kalibre edilmiş bir silindire aktarılmış, boşluk kalmadığından emin olunmuş ve ardından tartılmıştır. Aynı dondurma örneği daha sonra bir behere konmuş ve bir su banyosunda eritilmiştir. Daha sonra, erimiş karışım aynı hacim korunarak önceden temizlenmiş ve ölçülmüş silindire aktarılmış ve ikinci bir tartım yapılmıştır (Jimenez-Florez vd, 1993). Hacim artış oranları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim artışı oranı (\%)} = \frac{(\text{Dondurmanın hacmi} - \text{Erimiş dondurmanın hacmi})}{\text{Erimiş dondurmanın hacmi}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.6.8 Tekstürel Özellik

Numunelerin sertliği, 5 mm çapında silindirik paslanmaz çelik problu Stabel Micro Systems marka TA.Xt Plus model doku analiz cihazı (Stable Micro Systems, Parça Kodu: P/5) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm öncesinde numuneler -15°C sıcaklıkta 24 saat süreyle bekletilmiştir. Belirlenen bekleme süresi geçtikten sonra, her bir numune için üç ayrı kaptan üç ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin ortalaması hesaplanmıştır (Akalin vd. 2008).

3.2.6.9 Reolojik Özellikler

Salınım testlerinde numuneler sinüzoidal salınım stresine veya deformasyona maruz bırakılmış ve elastikiyet modülü (G') ve viskozite modülü (G'') değerleri belirli frekans değerlerine karşı belirlenmiştir. Sinüzoidal strese karşı numunelerin toplam reaksiyonu, sırasıyla elastisite modülünün (G') ve viskozite modülünün (G'') hesaplanmasını sağlayan kompleks modül (G^*) ve kompleks viskozite (η^*) denklemleri ile karakterize edilmiştir. (Yılmaz 2014).

$$G^* = [(G')^2 + (G'')^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

$$\eta^* = G^* / \omega \quad (3.5)$$

3.2.7 Duyusal Analiz

Duyusal analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, lisans ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan, ürün ve duyusal analiz yöntemleri konusunda eğitim almış 8 kişilik bir panel tarafından dondurma örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme kriterleri renk, koku, tekstür, erimeye direnç, ağız hissiyatı, yabancı tat, genel kabuledilebilirliği içermekte ve 1-9 arasında puanlanmaktadır.

3.3 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 22,0 (SPSS Inc., New York, ABD) programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalama değerler arasındaki istatistiksel anlamlı farklar, Tukey'in çoklu karşılaştırma testleri ile $p < 0,05$ güven aralığında belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Hammadde Sonuçları

Dondurma üretiminde kullanılan süte ait bazı kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Dondurma üretiminde kullanılan sütün bazı kimyasal özellikleri.

Kuru Madde (%)	pH	Yağ (%)	Protein	Titrasyon asitliği (% Laktik asit)
12,11±0,02	6,65±0,01	3,05±0,03	3,46±0,02	0,22±0,01

Dondurma üretiminde kullanılan inek sütünün kurumaddesi % 7,41, pH 6,65, yağ % 3,05, protein % 3,46 ve titrasyon asitliği de % 0,22 LA cinsinden olduğu tespit edilmiştir. Dondurma numunelerinin üretiminde kullanılan inek sütünün değerleri, Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2019/12)’ne uygun olduğu yapılan analizlerle tespit edilmiştir. (İnt.Kyn.1).

4.2 Toz Kaplamaların Fizikokimyasal Özellikleri

4.2.1 Renk Özellikleri

4.2.1.1 L* Değeri

Toz kaplama numunelerinin L* değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Numunelere ait en yüksek L* değeri ksantan sakızı iyotta kaplamada 93,36 ile bulunmuşken, en düşük L* değeri guar sakızı iyotta kaplanmış örneklerde 90,31 tespit edilmiştir.

Örneklerin üzerinde kaplama malzemelerinin etkisinin L* değeri üzerine etkisi iyotta ve iyottanın keçiyoynuzu ile kaplanmış örneklerde, keçiyoynuzu ile kaplanmış örnekler ile CMC kaplanmış örnekler istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuşken, diğer örnekler arasında fark $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Literatürde, özellikle karboksimetil selüloz ve guar sakızı gibi stabilizatörlerin mikroenkapsülasyonunda L* değerlerinin 85 ile 95 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Goff ve Hartel 2013, Rao vd. 2018). Bu, çizelgeki 90,31 (S1İ) ve 93,36 (Xİ) arasında değişen L* değerleriyle uyumludur.

Keçiboynuzu gamı kullanılan çalışmalarda L* değerleri genellikle daha düşük bulunmuştur. Örneğin, Nunes vd. (2016) yaptığı çalışmada keçiboynuzu gamı içeren sistemlerin L* değerlerinin 85'in altına düşebileceği bildirilmiştir. Çizelgeki S1İ ve S3İ numunelerinde daha düşük L* değerleri, keçiboynuzu sakızının bu koyulaştırıcı etkisi olduğu düşünülebilir.

4.2.1.2 a* Değeri

Kaplama numunelerinin a* değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Numunelere ait en yüksek a* değeri 5,74 ile karboksimetilselüloz iyotta kaplama ve iyotta örneklerinde, en düşük a* değeri 5,34 ile guar gam iyotta kaplanmış örneklerde belirlenmiştir.

Örneklerin üzerinde kaplama malzemelerinin etkisinin a* değeri üzerine etkisi iyotta ve iyottanın CMC ile kaplanmış örneklerde, istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuşken, diğer örnekler arasında fark $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Keçiboynuzu gamı, içerdiği doğal pigmentler nedeniyle a* değerini artırarak kırmızımsı tonlara yol açabilir. Çizelgeki S2İ numunesindeki yüksek a* değeri (5,62), keçiboynuzu sakızının bu etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Literatürde, karboksimetil selüloz ve ksantan sakızı içeren sistemlerde a* değerlerinin genellikle 4-6 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Rao ve Hartel 2018). Bizim veriler ile karşılaştırıldığında, özellikle İ, S3İ ve S2İ numunelerinin a* değerleri literatürde bildirilen aralıklara uygundur.

4.2.1.3 b* Değeri

Toz kaplama numunelerinin b* değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Örneklerin en

yüksek b* değeri 6,54 ile karboksimetil selüloz iyotta kaplama tozu numuneleri için belirlenmişken, en düşük b* değeri 4,66 ile ksantan sakızı iyotta kaplama tozu numuneleri için tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 Toz kaplamalara ait renk özellikleri.

Malzeme	L *	a *	b *
İ	92,79±0,29b	5,74±0,01a	4,84±0,22cd
S1İ	90,31±0,23d	5,34±0,01d	5,10±0,33c
S2İ	91,98±0,54bc	5,62±0,02b	5,50±0,10b
Xİ	93,36±0,38a	5,50±0,02c	4,66±0,22d
S3İ	91,85±0,19c	5,74±0,04a	6,54±0,06a

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiboynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

Örneklerin üzerinde kaplama malzemelerinin etkisinin b* değeri üzerine etkisi iyottanın, iyotta ksantan sakızı ile ve iyotta guar sakızı ile kaplanmış örneklerde, istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuşken, diğer örnekler arasında fark p<0,05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

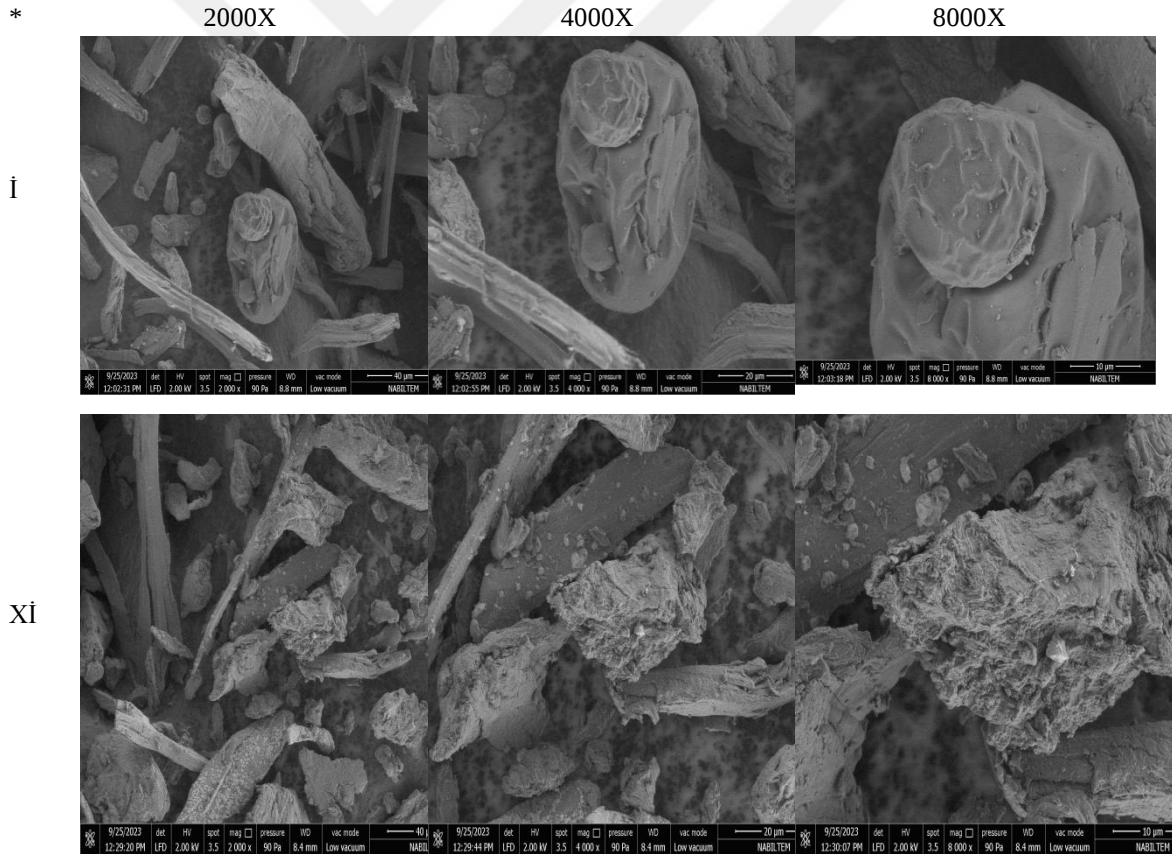
Guar sakızı ve karregenana, b* değerini hafif artırarak sarımsı tonları güçlendirebilir, ancak keçiboynuzu sakızı gibi koyu renkli stabilizatörler b* değerini önemli ölçüde artırabilir. Keçiboynuzu sakızı, içerdiği doğal şeker ve tanenler nedeniyle b* değerini artırarak ürünün daha sarımsı bir ton almasına neden olabilir.

Çizelgedeki en yüksek b* değeri S3İ numunesinde (6,54) gözlemlenmiştir. Bu değer, CMC'nin sarımsı tonları artırma eğiliminde olduğuna işaret eder. S2İ numunesindeki b* değeri de oldukça yüksektir (5,50), bu da keçiboynuzu sakızının sarımsı tonu artırabileceği literatürde bildirilen sonuçlarla uyumludur (Goff ve Hartel 2013).

Literatürde, karboksimetil selüloz ve guar sakızı içeren sistemlerde b* değerlerinin 4 ile 6 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Nunes vd. 2016). Çizelgedeki Xİ ve S1İ numunelerindeki b* değerleri (4,66 ve 5,10) literatürdeki bu aralıklarla uyumlu olup, stabilizatörlerin ürünün sarı tonlarını artırdığını göstermektedir.

4.2.2 Kaplamaların SEM Analizi

Kaplama numunelerinin SEM görüntüleri Resim 4.1’de verilmiştir. İyotta kaplanmamış formda yüzey pürüzsüzlüğü, çatlaklar veya düzensizlikler görülmektedir. Ksantan sakızı ile kaplanmış kapsüllerin Ksantan sakızının su bağlama kapasitesi yüksek olduğundan, kapsüller arasında belirli bir düzenlilik olduğu ve homojen bir dağılım göstermektedir. Literatürde ksantan sakızı ile kaplanan kapsüllerin pürüzsüz ve homojen yapıda olduğu rapor edilmiştir (Flores & Goff 2020). Ksantan sakızı, viskoz yapısı sayesinde kapsüllerin stabilitesini artırır. Yüksek büyütmelerde, yüzeyde çatlak olmaksızın kapsüllerin düzgün yapıda olduğu görülmelidir. Literatüre göre ksantan sakızı ile mikroenkapsüle edilmiş partiküller, genellikle düzenli ve stabil kapsüller oluşturur (Goff & Hartel 2013).



*İ;kontrol iyotta, Sİİ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiyoynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

Resim 4.1 Kaplama numunelerine ait SEM görüntüleri.

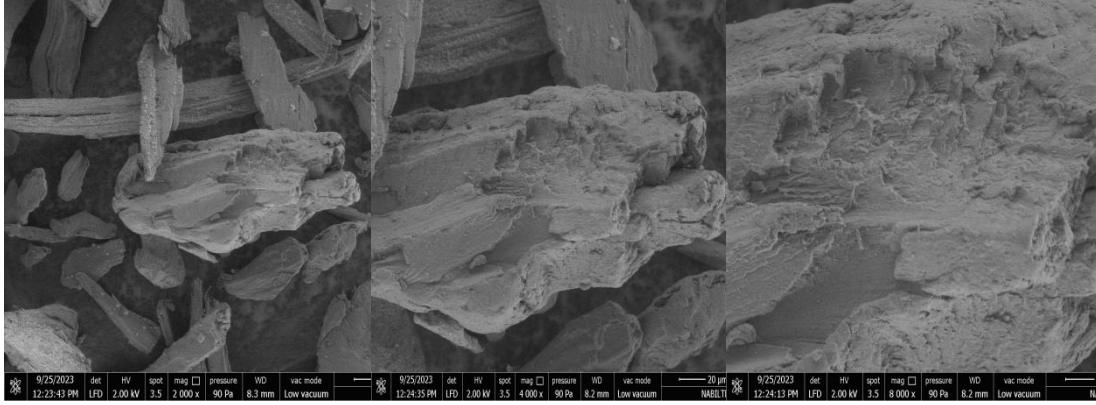
*

2000X

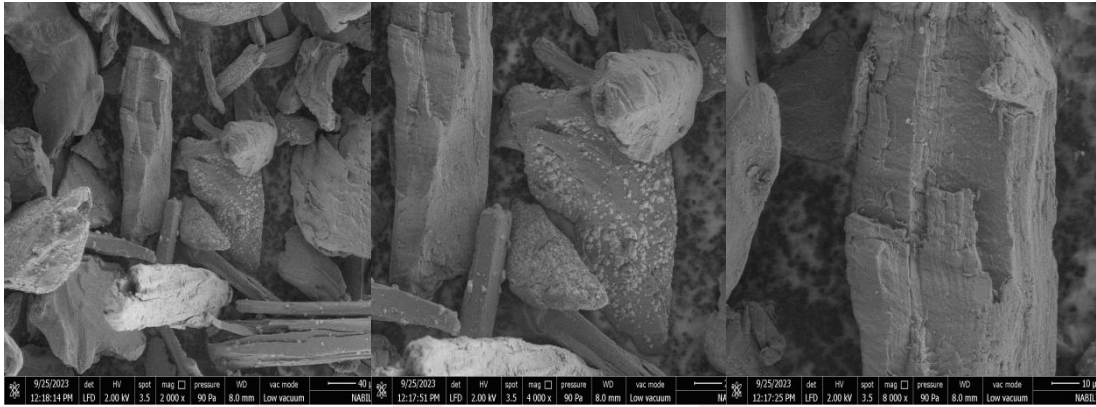
4000X

8000X

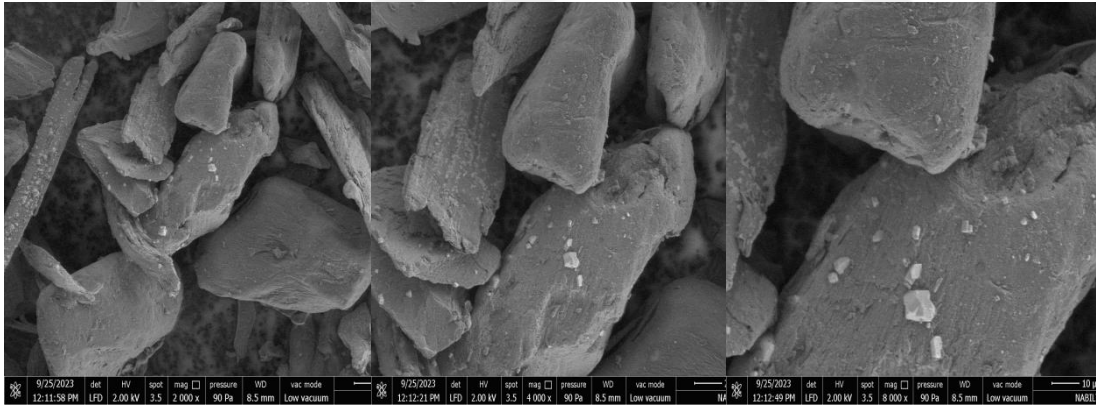
S3İ



S2İ



S1İ



*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiboyunu iyotta, XIİ;ksantan sakızı iyotta
S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

Resim 4.1 Kaplama numunelerine ait SEM görüntüleri (Devamı)

Karboksimetil selüloz (CMC), CMC kaplamanın kapsüller üzerinde ince, homojen bir tabaka oluşturduğu ve kapsüllerin düzgün dağılım gösterdiği görülmektedir. Literatürde CMC'nin kapsüller üzerinde homojen ve pürüzsüz bir kaplama sağladığı belirtilmiştir (Zhang vd. 2015).

Keçiboynuzu sakızı, mikroenkapsülasyon süreçlerinde genellikle daha pürüzlü bir yapı oluşturur. kapsüllerin yüzeyinde pürüzlülük gözlemlenebilir. Bu, keçiboynuzu sakızının doğal viskozitesi ve yapısı ile ilişkilidir. Keçiboynuzu sakızı kaplaması, diğer stabilizatörlere kıyasla daha pürüzlü ve karmaşık bir yüzey yapısı oluşturabilir (Mezger 2018). Kapsüller arasında düzensiz dağılımlar ve pürüzlü yüzeyler tespit edilmiştir.

Guar sakızı, mikroenkapsülasyon süreçlerinde düzenli ve pürüzsüz yüzeyler oluşturmuştur. Guar sakızı ile kaplanan kapsüllerin yüzeyde bazı düzensizlikler veya çatlaklar gösterse de, genel olarak yüzeyin pürüzsüz kalması belirlenmiştir. Reineccius (2004) çalışmasında guar sakızı ile yapılan mikroenkapsülasyonun genellikle düzgün yüzeyler oluşturduğu rapor edilmiştir.

4.3 Dondurma Miksinin Tekstürel Özellikleri

Dondurma üretim sürecinde üretilen dondurma karışımlarının tekstürel özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Dondurma örneklerinin en yüksek sertlik değerleri 89,67 g ile kontrol iyotta örneklerinde, en düşük sertlik değerleri ise 41,89 g ile karboksimetil selüloz iyotta örneklerinde bulunmuştur. Dondurma örneklerinin en yüksek kıvam değerleri 1274,74 g ile kontrol örneklerinde, en düşük kıvam değerleri ise 690,69 g ile karboksimetil selüloz iyotta örneklerinde tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin en yüksek kohezyon değerleri 63,44 g ile kontrol örneklerinde, en düşük kohezyon değerleri ise 36,94 g ile karboksimetil selüloz iyotta örneklerinde bulunmuştur. Dondurma örneklerinin en yüksek indeks viskozite değerleri 119,65 g.s ile kontrol örneklerinde, en düşük indeks viskozite değerleri ise 75,11 g.s ile karboksimetil selüloz iyotta örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Dondurma miksinin tekstürel özellikleri.

Dondurma miksi	Firmness (g)	Consistency (g.s.)	Cohesiveness (g)	İndex of viscosity (g.s)
İ	89,67±10,14a	1274,74±36,26a	-63,44±7,81e	-119,65±13,53dc
S1İ	48,64±5,15cd	795,22±95,20bc	-40,12±1,99b	-82,77±6,69ba
S2İ	60,52±5,75b	929,79±96,54b	-49,00±0,47d	-105,79±2,32c
Xİ	50,37±0,39c	810,45±33,88b	-44,20±0,55c	-86,45±0,96b
S3İ	41,89±0,86d	690,69±35,78c	-36,94±0,69a	-75,11±0,60a

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiboynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta, Aynı sütündeki farklı harfler veriler arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir(p<0,05).

Karregen an ile kaplanmış dondurma miksi, diğer stabilizatörlerle kaplanmış formülasyonlara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek sertlik göstermiştir (p<0,05). İyotta formülasyon, diğer tüm stabilizatörlerle karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha yüksek kıvam göstermiştir (p<0,05). Keçiboynuzu sakızı, ksantan sakızı ve guar sakızı ile kaplanmış formülasyonlar arasında kıvam açısından farklılık gözlemlenmiştir, ancak guar sakızı ile ksantan sakızı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. İyotta, en yüksek yapışkanlık değeri gösterirken, CMC kaplı formülasyon en düşük değeri göstermiştir. Guar sakızı ile kaplanmış karregen an, CMC'ye göre daha yüksek yapışkanlık sergilemiş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Viskozite açısından, karregen an formülasyon ile CMC ve diğer stabilizatörler arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir (p<0,05). Karregen an en yüksek viskozite indeksine sahipken, diğer stabilizatörler arasında keçiboynuzu sakızı en yüksek viskoziteyi sağlamıştır.

Goff ve Hartel (2013)'e göre, karregen an özellikle süt ürünlerinde stabiliteyi korur ve buz kristallerinin büyümesini engelleyerek ürün kalitesini artırır. Ayrıca, yüksek viskozite indeksi karregen anın dondurma miksi içinde yoğun bir yapı sağladığını gösterir. Literatür bu sonuçları desteklemektedir.

Guar sakızı, daha yumuşak ve pürüzsüz bir yapı sağlar ve firmness (sertlik) ve consistency (kıvam) değerlerinde karregen an ve keçiboynuzu sakızına göre daha düşük

değerlere sahiptir. Reineccius (2004) çalışmasında, guar sakızının düşük viskozite ve sertlik sağladığı belirtilmiş olup, bu stabilizatörün daha kremi ve yumuşak ürünler için uygun olduğu vurgulanmıştır. Bu da bizim verilerle uyumludur.

Keçiboynuzu sakızı, karregenana kıyasla daha düşük sertlik ve kıvam değerleri sunar, ancak yine de yüksek yapışkanlık ve viskozite sağlar. Mezger (2018), keçiboynuzu sakızının özellikle bağlayıcı özellikleri nedeniyle gıda ürünlerinde kıvam ve yoğunluğu artırdığını ve bu stabilizatörün viskoziteyi yükselttiğini belirtmiştir. Bu bulgu, keçiboynuzu sakızının mikroenkapsülasyonda yoğun bir yapı kazandırma yeteneğini ortaya koymaktadır.

Flores ve Goff (2020), ksantan sakızının dondurma üretiminde viskoziteyi artırıcı etkisi olduğunu ve düşük sıcaklıklarda bile stabiliteyi sağladığını bildirmiştir. Ksantan sakızının kıvam ve viskozite indeksindeki orta düzey sonuçları, literatürde belirtilen özellikleriyle uyumludur.

CMC, en düşük sertlik ve kıvam değerlerine sahiptir. Zhang vd. (2015) çalışmasında, CMC'nin emülsiyon stabilizatörü olarak etkili olduğu, ancak karregenana ve keçiboynuzu sakızına kıyasla daha düşük kıvam sağladığı belirtilmiştir. Çizelgedeki verileri de bu bulguları destekler niteliktedir. CMC, daha az yapışkan ve daha az viskoz ürünler oluşturur, bu da dondurma gibi pürüzsüz ve daha hafif dokular için tercih edilmektedir.

4.4 Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri

4.4.1 Kurumadde

Dondurma örneklerinin kuru madde içerikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Kurumadde içerikleri incelendiğinde, kontrol, guar sakızı, keçiboynuzu sakızı, ksantan sakızı ve karboksimetil selüloz kaplı örneklerin kurumadde içerikleri sırasıyla % 37,43, 34,96, 37,61, 33,90 ve 35,75 olarak bulunmuştur. En yüksek kuru madde değeri keçiboynuzu sakızı ile kaplanmış örnekte bulunmuştur.

Keçiboynuzu sakızı kaplanmış iyotta karregen (% 37,61) ve iyotta karregen (% 37,43) en yüksek kurumadde içeriğine sahiptir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ksantan sakızı kaplanmış iyotta karregen en düşük kurumadde içeriğine (% 33, 90) sahip olup, diğer stabilizatörlerle kıyaslandığında anlamlı bir fark göstermektedir ($p<0,05$). Guar sakızı kaplanmış iyotta karregen (% 34,96) ve karboksimetilselüloz kaplanmış iyotta karregen (% 35,75) orta düzeyde kurumadde içeriği sergilemektedir ve bu iki stabilizatör arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.4 Dondurma örneklerine ait kurumadde miktarları.

Dondurma	Kurumadde
İ	37,43±0,12a
S1İ	34,96±0,08c
S2İ	37,61±0,12a
Xİ	33,90±0,02d
S3İ	35,75±0,23b

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiboynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

Kılınç (2021), dondurma üretimi üzerine yaptığı bir çalışmada kuru maddenin % 39,99 ile % 40,58 arasında olduğunu belirtmiştir.

Silva vd. (2015), probiyotik dondurma üzerine yaptıkları bir çalışmada dondurmanın kuru maddesinin % 38,1-35,6 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Bakır 2015, probiyotik bakterilerin dondurma üretiminde kullanımı üzerine yaptığı bir çalışmada kuru madde içeriğinin % 42,61-43,25 arasında olduğunu bildirmiştir.

4.4.2 pH

Dondurma örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Dondurma

örneklerine ait en yüksek pH değerleri 6,76 ile karboksimetil selüloz ile kaplanmış örneklerde, en düşük pH değerleri 6,72 ile ksantan sakızı ile kaplanmış örneklerde görülmüştür.

Çizelge 4.5 Dondurma örneklerine ait pH miktarları

Dondurma	pH
İ	6,75±0,01a
S1İ	6,74±0,01a
S2İ	6,75±0,04a
Xİ	6,72±0,01ba
S3İ	6,76±0,01a

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiboynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

İyotta karregenana, guar sakızı kaplanmış iyotta karregenana, keçiboynuzu sakızı kaplanmış iyotta karregenana ve karboksimetilselüloz (CMC) kaplanmış iyotta karregenana için pH değerleri istatistiksel olarak benzer olup anlamlı bir fark göstermemiştir ($p>0,05$). Ksantan sakızı kaplanmış iyotta karregenana, diğer stabilizatörlerle kıyaslandığında pH değeri biraz daha düşük olup (6,72), bu fark istatistiksel olarak anlamlı olabilir ($p<0,05$).

Goff ve Hartel (2013), karregenanın süt bazlı ürünlerde jel yapıcı özelliklerini korurken pH'ı stabilize ettiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, karregenanın pH'ı fazla değiştirmemesi beklenen bir durumdur. Reineccius (2004)'e göre, guar gamı, dondurma gibi süt bazlı ürünlerde pH'ı stabil tutma yeteneği ile bilinir ve ürünün asidik veya bazik hale gelmesini önler. Guar gamının nötr bir stabilizatör olması, pH'ı karregenana benzer seviyelerde tutmasını sağlamıştır. Mezger (2018), keçiboynuzu sakızının süt bazlı ürünlerde nötr pH'ı koruduğunu ve ürün dokusunu iyileştirdiğini belirtmiştir. Bu da çizelgedeki sonuçlarla tutarlıdır. Flores ve Goff (2020), ksantan sakızının hafif asidik bir stabilizatör olarak dondurma gibi ürünlerde pH'ı bir miktar düşürebileceğini rapor etmiştir. Bu hafif düşüş, ksantan sakızının yapısından kaynaklanabilir. Zhang vd.

(2015)'e göre, CMC, süt bazlı ürünlerde pH üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadan emülsiyon stabilitesini artırır.

4.4.3 Renk Özellikleri

4.4.3.1 L* değeri

Dondurma örneklerine ait L* değerleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait guar sakızı kaplı formülasyon (94,30) en yüksek açıklık değerine sahipken, keçiyoynuzu sakızı kaplı (93,20) en düşük açıklık göstermiştir. L* değeri açısından, guar sakızı ve diğer stabilizatörler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.6 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler.

Malzeme	TA	L*	a*	b*	İlk Erime (dk)	Tamamen Erime (dk)	Hacim Artışı (%)
İ	0,237±0,002d	93,57±0,26b	2,42±0,22bc	5,39±0,54b	44,85±1,85b	114,68±7,02a	60,00±1,43a
S1İ	0,252±0,003c	94,30±0,32a	2,81±0,07a	3,81±0,16d	29,64±1,90e	112,28±3,20a	51,93±4,67b
S2İ	0,266±0,022bc	93,20±0,89bc	2,31±0,14bc	6,05±0,34a	56,70±7,40a	115,83±6,41a	57,87±4,53ba
Xİ	0,304±0,020a	93,64±0,30b	2,29±0,18c	5,89±0,14ab	41,01±1,48c	90,51±3,51b	59,84±1,69a
S3İ	0,259±0,012b	93,24±0,23c	2,50±0,10b	4,73±0,28c	35,95±2,79d	93,97±7,88b	61,67±4,54a

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiyoynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

Guar sakızı, daha açık renkli ürünler sağlarken, keçiyoynuzu sakızı doğal renk tonlarıyla ürünün sarımsı ve kırmızımsı renk özelliklerini artırmaktadır. Mezger (2018), keçiyoynuzu sakızının doğal pigmentler içerdiği için renk üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Goff ve Hartel (2013) de stabilizatörlerin renk parametrelerine doğrudan etki ettiğini rapor etmiştir.

4.4.3.2 a* Değeri

Dondurma örneklerine ait a* değerleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait guar sakızı kaplı formülasyon (2,81) en yüksek kırmızımsılık değerini gösterirken, ksantan sakızı kaplı formülasyon (2,29) en düşük değer olduğu belirlenmiştir. a* değerleri

istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir. En yüksek kırmızimsılık keçiyoynuzu sakızı ile elde edilmiştir. Guar sakızı, daha açık renkli ürünler sağlarken, keçiyoynuzu sakızı doğal renk tonlarıyla ürünün kırmızimsı renk özelliklerini artırmaktadır. Mezger (2018), keçiyoynuzu gaminin doğal pigmentler içerdiği için renk üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Goff ve Hartel (2013) de stabilizatörlerin renk parametrelerine doğrudan etki ettiğini rapor etmiştir.

4.4.3.3 b* Değeri

Dondurma örneklerine ait b* değerleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait yüksek keçiyoynuzu sakızı kaplı formülasyon (6,05) en yüksek sarılık değerine sahipken, guar sakızı kaplı formülasyon (3,81) ile en düşük sarılık değeri tespit edilmiştir. b* değerleri de istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir. En yüksek sarılık keçiyoynuzu sakızı ile elde edilmiştir. Guar sakızı, daha açık renkli ürünler sağlarken, keçiyoynuzu sakızı doğal renk tonlarıyla ürünün sarımsı ve kırmızimsı renk özelliklerini artırmaktadır. Mezger (2018), keçiyoynuzu gaminin doğal pigmentler içerdiği için renk üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Goff ve Hartel (2013) de stabilizatörlerin renk parametrelerine doğrudan etki ettiğini rapor etmiştir.

4.4.4 Titrasyon Asitliği (%LA Cinsinden)

Dondurma örneklerinin titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. En düşük değer iyotta karregenana ile % 0,237 LA, en yüksek asitlik ise ksantan sakızı kaplanmış % 0,304 LA ile belirlenmiştir. Ksantan sakızı kaplı iyotta karregenana, en yüksek titrasyon asitliği değerine sahiptir. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p<0,05$) gözlemlenmiştir. İyotta karregenana formülasyonu ise en düşük asitlik değerine sahiptir. Guar sakızı ve karboksimetil selüloz kaplamaları da daha yüksek asitlik göstermektedir. Ksantan sakızı, dondurma gibi süt bazlı ürünlerde hafif asidik bir yapı oluşturabilir. Flores ve Goff (2020), ksantan sakızının dondurma ürünlerinde asitliği artırarak stabilite sağladığını bildirmiştir. Asitlikteki bu artış, dondurmanın dayanıklılığını artırabilir.

Küçükçetin vd. (2009) probiyotik dondurma üzerine yaptıkları bir çalışmada titrasyon

asitliği değerlerini % 0,16-0,44 LA aralığında bulmuşlardır.

4.4.5 İlk Erime Süresi

Dondurma örneklerine ait ilk erime süreleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait en yüksek keçiboynuzu sakızı kaplı formülasyon (56,70) en uzun erime süresine sahiptir. Guar sakızı kaplı formülasyon (29,64) ile en kısa erime süresini tespit edilmiştir. Keçiboynuzu gamı, diğer stabilizatörlerle kıyaslandığında en uzun erime süresine sahiptir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Guar sakızı kaplı formülasyon ise en kısa erime süresine sahiptir, bu da istatistiksel olarak anlamlıdır. Keçiboynuzu sakızı, yüksek su bağlama kapasitesi nedeniyle erime süresini uzatmaktadır. Flores ve Goff (2020) de keçiboynuzu gamının erime süresini uzatarak dondurma stabilitesini artırdığını rapor etmiştir. Guar sakızı, daha kısa erime süreleri sağlamaktadır. Bu, guar sakızının daha hafif bir yapı oluşturmaıyla ilişkilidir ve literatürdeki bulgularla tutarlıdır.

4.4.6 Tamamen Erime Süresi

Dondurma örneklerine ait tamamen erime süreleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait keçiboynuzu sakızı (115,83 dk) en uzun erime süresine sahiptir. Ksantan sakızı kaplı formülasyon (90,51 dk) ise en kısa tamamen erime süresine sahip olduğu tespit edilmiştir. Keçiboynuzu sakızı, diğer stabilizatörlerle kıyaslandığında en uzun erime süresine sahiptir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Guar sakızı kaplı formülasyon ise en kısa erime süresine sahiptir, bu da istatistiksel olarak anlamlıdır. Keçiboynuzu sakızı, yüksek su bağlama kapasitesi nedeniyle erime süresini uzatmaktadır. Flores ve Goff (2020) de keçiboynuzu sakızının erime süresini uzatarak dondurma stabilitesini artırdığını rapor etmiştir. Guar sakızı, daha kısa erime süreleri sağlamaktadır. Bu, guar sakızının daha hafif bir yapı oluşturmaıyla ilişkilidir ve literatürdeki bulgularla tutarlıdır.

4.4.7 Hacim Artışı

Dondurma örneklerine ait hacim artış değerleri Çizelge 4.6'te verilmiştir. Örneklere ait en yüksek hacim artışı karboksimetilselüloz kaplı formülasyon (% 61,67) en yüksek

hacim artışı sağlamıştır. En düşük hacim artışı guar sakızı kaplı formülasyon (% 51,93) en düşük hacim artışına sahiptir. Karboksimetilselüloz (CMC), en yüksek hacim artışı sağlayarak diğer stabilizatörlerle arasında anlamlı bir fark göstermiştir ($p<0.05$). Guar sakızı, en düşük hacim artışı göstermiş ve bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). CMC, hacim artışı açısından etkili bir stabilizatör olarak bilinmektedir. Zhang vd. (2015), CMC'nin dondurma gibi ürünlerde hacmi artırarak ürünün daha hafif ve kremsi bir doku kazandırdığını belirtmiştir. Guar sakızı ise daha düşük hacim artışı sağlayan bir stabilizatördür ve bu durum literatürle tutarlıdır.

4.4.8 Sertlik Ölçümü

Dondurma numunelerinde sertlik değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Örneklere ait en düşük sertlik değeri CMC ile kaplanmış 76,94 g örneklerde, en yüksek sertlik değeri ise kontrol iyotta örneklerde 201,61 ile tespit edilmiştir. İyotta karregenana, en yüksek sertlik değerine sahiptir ve diğer tüm stabilizatörlerle kıyaslandığında anlamlı derecede daha sert bir yapı sağlamıştır ($p<0,05$). Guar sakızı ve keçiyoynuzu sakızı ile kaplanmış formülasyonlar, orta düzeyde sertlik göstermiştir. İstatistiksel olarak bu iki stabilizatör arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Ksantan sakızı ve karboksimetilselüloz (CMC) ile kaplanmış formülasyonlar, en düşük sertlik değerlerine sahiptir. Bu iki stabilizatör arasında da anlamlı bir fark bulunmamıştır, ancak her ikisi de iyotta karregenana ile kıyaslandığında anlamlı derecede daha yumuşak bir yapı sağlamıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.7 Dondurma örneklerine ait sertlik ölçüm değerleri.

Malzeme	Firmness (g)
İ	201,61±10,41a
S1İ	99,27±0,05b
S2İ	101,15±17,21b
Xİ	77,413±17,128c
S3İ	76,935±4,575c

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiyoynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

İyotta karregenana, en yüksek sertlik değerine sahip olup, dondurma yapısına güçlü bir dayanıklılık kazandırır. Karregenana, gıda endüstrisinde bilinen güçlü jel yapıcı özelliklere sahiptir ve bu nedenle sertlik açısından etkili bir stabilizatördür. Goff ve Hartel (2013), karregenanın süt ürünlerinde özellikle sertlik ve stabiliteyi artırmada etkili olduğunu vurgulamıştır.

Guar sakızı kaplanmış iyotta karregenana, orta düzeyde sertlik (99,27 g) sağlamıştır. Reineccius (2004), guar gamın dondurma gibi ürünlerde daha kremi ve yumuşak bir yapı sağladığını belirtmiştir. Guar sakızı, yüksek su bağlama kapasitesine sahip olmasına rağmen daha düşük sertlik sağlar ve ürünün kremi dokusunu artırır.

Keçiboynuzu sakızı, 101,15 g ile guar sakıza benzer bir sertlik değeri sunar. Mezger (2018), keçiboynuzu sakızının bağlayıcı özellikleri nedeniyle sertliği artırabileceğini ve ürünün stabilitesini sağlayabileceğini belirtmiştir. Ancak, karregenana kadar yüksek sertlik sağlamaz, bu da dondurmanın daha yumuşak ve pürüzsüz bir dokuya sahip olmasını sağlar.

Ksantan sakızı, en düşük sertlik değerlerinden birine sahiptir (77,41 g). Ksantan sakızı düşük sıcaklıklarda dondurma karışımında stabilite sağladığı bilinir, ancak sertlik üzerinde daha az etkisi vardır. Flores ve Goff (2020), ksantan sakızı özellikle viskoziteyi artırarak dondurma stabilitesini sağladığını ancak sertliği önemli ölçüde artırmadığını bildirmiştir.

CMC kaplanmış iyotta karregenana, en düşük sertlik değerine sahiptir (76,94 g). Zhang ve arkadaşları (2015), CMC'nin süt bazlı ürünlerde stabilizatör olarak etkili olduğunu ancak sertliği artırma açısından daha sınırlı bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. CMC, daha yumuşak, kremi ve pürüzsüz bir yapı sağlar.

4.4.9 Reolojik Özellikler

Dondurma örneklerinin reometre değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. G' (elastik modül) 62,27 Pa ile iyotta karregenana en yüksek değeri, en düşük değeri keçiboynuzu sakızı kaplanmış iyotta karregenana 40,05 Pa ile tespit edilmiştir. İyotta karregenana, en yüksek elastik modül değerine sahiptir ve bu, dondurmanın daha elastik bir yapı sergilediğini

gösterir. Diğer stabilizatörler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Goff ve Hartel (2013), karregenanın elastik modülü artırarak dondurmanın yapısal stabilitesini sağladığını belirtmiştir. Guar sakızı ve ksantan sakızı ise elastikiyeti korurken keçiyoynuzu gamı daha düşük elastik modül göstermektedir.

En yüksek G' (Viskoz Modül), 48,18 Pa ile guar sakızı ile kaplanmış iyotta karregen örneklerde, en düşük viskoz modül ise 35,22 Pa ile keçiyoynuzu kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. Guar sakızı kaplı iyotta karregen, en yüksek viskoz modül değerine sahiptir ve bu, dondurmanın viskozitesinin artırıldığını gösterir. Diğer stabilizatörler ile kıyaslandığında bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Reineccius (2004), guar sakızının yüksek su bağlama kapasitesi ile dondurmanın kıvamını artırdığını bildirmiştir. Ksantan sakızı ve karregen da viskoz modülü artırmada başarılıdır ancak keçiyoynuzu sakızı ve CMC daha az etkili olabilir.

En yüksek G'' (Kompleks Modül)* 86,69 ile guar sakızı ile kaplanmış örneklerde, en düşük kompleks modül ise 67,46 ile ksantan sakızı ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. Guar sakızı, en yüksek kompleks modül değerine sahiptir ve bu, dondurmanın hem elastik hem de viskoz özelliklerini en iyi şekilde dengelediğini gösterir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Flores ve Goff (2020), guar sakızının bu özellikleri ile dondurma karışımlarında yüksek viskozite ve elastikiyet sağladığını bildirmiştir. Keçiyoynuzu sakızı ve ksantan sakızı daha düşük kompleks modül gösterirken, CMC en düşük seviyede kalmaktadır.

En yüksek viskozite değerleri 71,92 Pa.s ile guar sakızı ile kaplanmış iyotta karregen örneklerinde en düşük viskozite değerleri ise 44,16 Pa.s ile CMC ile kaplanmış iyotta örneklerinde belirlenmiştir. Guar sakızı, en yüksek viskoziteyi sağlayarak dondurmanın yoğunluğunu artırmıştır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Reineccius (2004), guar sakızının viskoziteyi artırma kapasitesinin yüksek olduğunu bildirmiştir. karregen da bu parametrede oldukça başarılıdır, ancak keçiyoynuzu sakızı ve CMC, daha düşük viskozite sağlamaktadır.

Camelo-Silva vd. 2021 dondurma üretiminde dondurulmuş yağsız süt konsantresi uygulamasında viskozite değerleri 11-20 Pa.s arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yılmaz 2014 ekzopolisakkarit üreten bakterilerden üretilen dondurma miksinde G' 3,34-165 Pa, G'' 1,94-47,2 Pa arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.8 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri.

Malzeme	G'	G''	G^*	Viscosity
İ	62,27±2,92a	44,53±3,06b	76,26±1,35b	63,03±3,85b
S1İ	53,62±1,87b	48,18±2,74a	86,69±1,97a	71,92±2,30a
S2İ	40,05±1,06c	35,22±2,44c	73,76±0,71c	44,93±2,45d
Xİ	52,20±2,74b	44,20±1,41b	67,46±0,91d	53,51±1,21c
S3İ	42,92±1,07c	31,55±3,03c	49,86±1,56e	44,16±4,14d

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiyoynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

4.5 Duyusal Özellikler

Dondurma örneklerine ait duyusal özellikler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Dondurma örneklerine ait duyusal özellikler.

Malzeme	Renk	Koku	Tekstür	Erimeye Direnç	Ağız Hissiyatı	Yabancı Tat	Genel Kabul edilebilirlik
İ	7,75±0,71d	8,13±0,00a	7,63±2,12b	7,63±2,10c	7,25±1,40c	8,88±0,00a	7,94±0,70a
S1İ	8,38±2,12a	8,00±0,70b	8,13±1,40a	7,87±2,12b	7,50±1,40b	8,38±0,70d	7,80±0,70b
S2İ	8,00±2,82c	7,88±1,40c	7,62±1,40b	7,87±2,10b	7,62±0,80a	8,75±0,00b	7,68±2,12c
Xİ	8,25±1,40b	7,56±0,00d	7,38±1,40c	8,12±2,10a	6,87±1,10d	8,00±0,00e	7,44±0,70d
S3İ	7,63±3,54e	7,32±2,10e	7,60±1,40b	7,50±2,80d	6,38±1,20e	8,62±0,00c	7,12±1,40e

*İ;kontrol iyotta, S1İ;guar sakızı iyotta, S2İ;keçiyoynuzu iyotta, Xİ;ksantan sakızı iyotta S3İ;karboksimetil selüloz iyotta

4.5.1 Renk

Dondurma numunelerinin renk değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en

yüksek renk değerleri 8,38 guar sakızı ile kaplanmış örneklerde, en düşük renk değerleri 7,63 ile karboksimetilselüloz ile kaplanmış iyotta numunelerde belirlenmiştir. Guar sakızı kaplı (S1İ) formülasyon en yüksek renk puanını almış. Tüketiciler tarafından en parlak renk olarak değerlendirilmiş. Karboksimetilselüloz (S3İ) formülasyon ise en düşük puanı almış, bu da daha az canlı bir renge işaret ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). Guar sakızı kaplı formülasyon, en yüksek renk skoru ile istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir ($p<0,05$). Reineccius (2004), guar sakızının daha parlak renkler sağladığını ve bu nedenle dondurma ürünlerinde renk kalitesini artırdığını rapor etmiştir.

4.5.2 Koku

Dondurma örneklerine ait koku değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Örnekler ait en yüksek değer 8,13 ile koku değerleri iyotta karregenana, en düşük koku değerleri 7,32 ile karboksimetilselüloz iyotta ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. İyotta (İ) en yüksek koku puanını alırken, Karboksimetilselüloz (S3İ) en düşük puanı almış. Bu, karregenana kokuya olumsuz etkisi olmadığını, ancak CMC'nin biraz daha olumsuz algılandığını göstermektedir (Şekil 4.1). İyotta karregenana, en yüksek koku değerine sahip olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Goff ve Hartel (2013) de karregenana koku ve tat özellikleri üzerinde nötr bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

4.5.3 Tekstür

Dondurma örneklerine ait tekstür değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Örnekler ait en yüksek tekstür değerleri 8,13 ile guar sakızı ile kaplanmış iyotta örneklerinde, en düşük tekstür değerleri 7,38 ile ksantan sakızı ile kaplanmış iyotta numunelerde belirlenmiştir. Guar sakızı kaplı (S1İ) formülasyon, en yüksek tekstür puanına sahip, yani tüketiciler tarafından en beğenilen doku olarak değerlendirilmiş. Ksantan sakızı kaplı (Xİ) en düşük tekstüre sahip, bu da dondurmanın dokusunun diğer stabilizatörlere göre daha az tercih edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). Guar sakızı, en yüksek tekstür değerine sahip olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Reineccius (2004) de guar sakızının pürüzsüz ve kremsi bir doku oluşturma yeteneğini vurgulamaktadır.

4.5.4 Erimeye Direnç

Dondurma örneklerine ait erimeye direnç değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en yüksek erimeye direnç değerleri 8,12 ile ksantan sakızı ile kaplanmış iyotta örneklerinde, en düşük erimeye direnç değerleri 7,50 ile CMC ile kaplanmış iyotta örneklerinde tespit edilmiştir. Ksantan sakızı (XI) kaplı formülasyon en yüksek erimeye direnç puanını almış. Su bağlama kapasitesinden dolayı erime direnci en yüksek. Karboksimetilselüloz (S3İ) ise en düşük erimeye direnç gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). Ksantan sakızı, en yüksek erimeye direnç puanına sahip olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Flores ve Goff (2020), ksantan sakızının erimeye direnç sağlama kapasitesinin yüksek olduğunu belirtmiştir.

4.5.5 Ağız Hissiyatı

Dondurma örneklerine ait ağız hissiyatı değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en yüksek ağız hissiyatı değerleri 7,62 ile keçiyoynuzu sakızı ile kaplanmış iyotta örneklerinde, en düşük ağız hissiyatı değerleri 6,38 ile CMC ile kaplanmış iyotta numunelerde belirlenmiştir. Keçiyoynuzu sakızı (S2İ) en yüksek ağız hissiyatı puanını almış, tüketiciler bu formülasyonu ağızda en iyi his bırakan olarak değerlendirilmiş, karboksimetilselüloz (S3İ) ise en düşük puanı aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Keçiyoynuzu sakızı, en yüksek ağız hissiyatı değerine sahip olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Mezger (2018), keçiyoynuzu sakızının ağızda zengin bir his bıraktığını ve bu nedenle duyuusal analizlerde yüksek puan aldığını belirtmiştir.

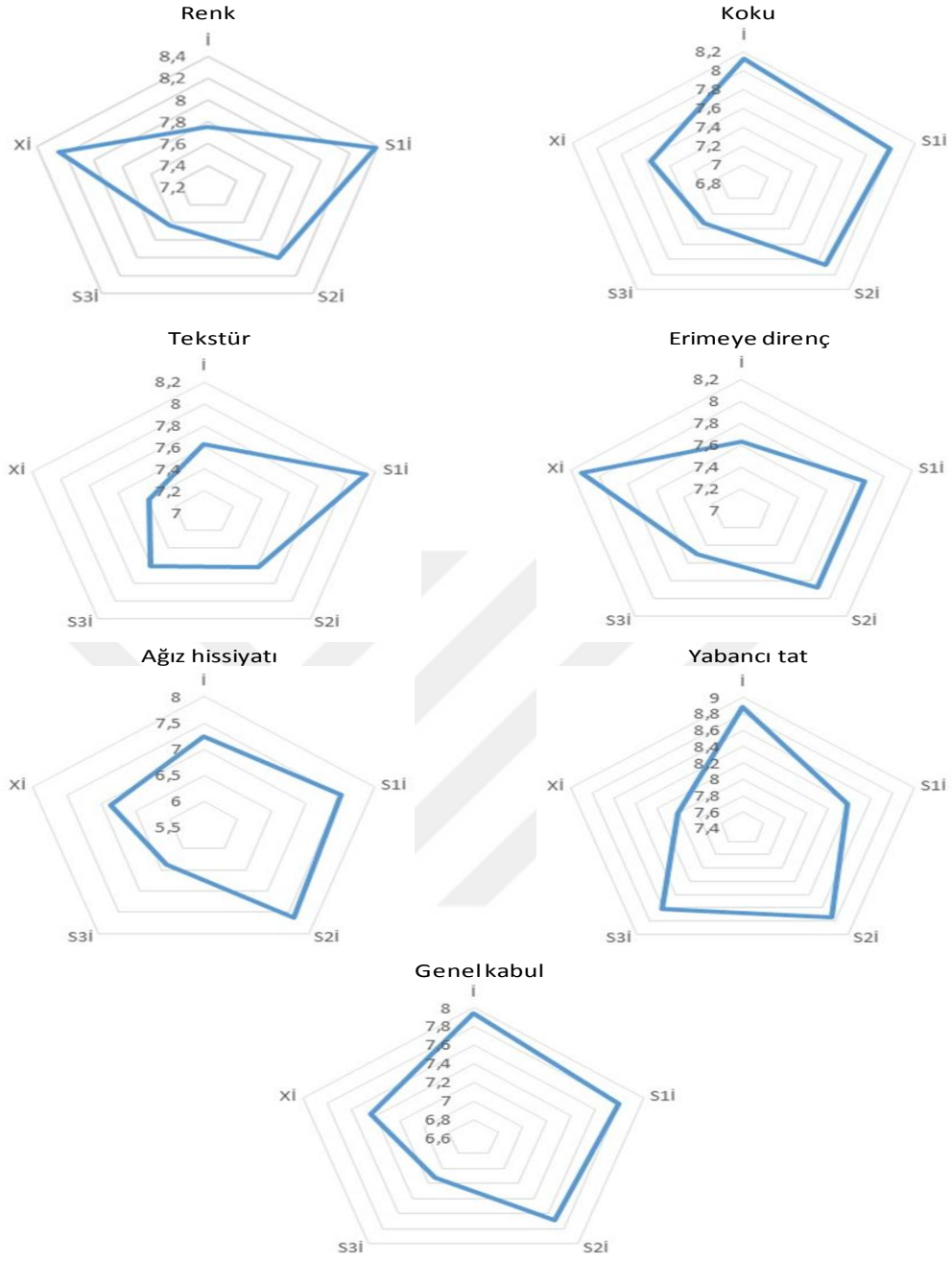
4.5.6 Yabancı Tat

Dondurma örneklerine ait yabancı tat değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en düşük yabancı tat değerleri 8,88 ile iyotta karregen an örneklerinde, en yüksek yabancı tat değerleri 8,00 ile ksantan sakızı ile kaplanmış iyotta numunelerde belirlenmiştir. Karregen an (İ) formülasyonunun en düşük yabancı tat puanına sahip olması, tadının en doğal ve rahatsız edici olmadığı anlamına gelirken, Ksantan sakızı (XI) en yüksek yabancı tat algısı oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1). İyotta

karregenana, en düşük yabancı tat puanına sahip olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

4.5.7 Genel Kabuledilirlik

Dondurma örneklerine ait genel kabuledilirlik değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en yüksek genel kabuledilirlik değerleri 7,94 ile iyotta örneklerinde, en düşük genel kabuledilirlik değerleri 7,12 ile CMC ile kaplanmış iyotta numunelerde tespit edilmiştir. Karregenana (İ) formülasyonu en yüksek genel kabul puanını almış. Tüketiciler bu formülasyonu genel olarak en çok beğenmiş. Guar sakızı kaplı (S1İ) ve Ksantan sakızı (Xİ) kaplamalı formülasyonlar da nispeten yüksek puanlar almış. Karboksimetilselüloz (S3İ) ise en düşük kabul edilebilirlik puanını almış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1). İyotta karregenana, genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı almıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Flores ve Goff (2020), karregenanın dondurmanın genel kalitesini artırarak tüketici kabulünü artırdığını bildirmiştir. Dondurma örneklerine ait duyusal analiz profili Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Dondurma örneklerinin duyu analizi profili

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, mikroenkapsülasyon yöntemi ile iyotta karregenana stabilizatörlerin (ksantan sakızı, karboksimetil selüloz, keçiyoynuzu sakızı, guar sakızı) kaplanmış formülasyonlarının dondurma üretiminde kullanımı ve dondurmanın çeşitli fizikokimyasal, reolojik ve duyu özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, kullanılan stabilizatörlerin dondurma yapısına olan etkileri ayrıntılı olarak değerlendirilmiş ve tüketici beğenisini etkileyen ana unsurlar üzerinde durulmuştur.

Toz kaplamaların SEM görüntüleri analiz edildiğinde, mikroenkapsüle stabilizatörlerin yüzey morfolojileri incelenmiştir. Ksantan sakızı kaplı iyotta karregenana formülasyonu, düzgün ve homojen bir yüzey morfolojisi sergilemiştir. Guar sakızı ve keçiyoynuzu sakızı kaplamalarında da benzer şekilde pürüzsüz ve tekdüze bir kaplama gözlemlenmiştir. Ancak, CMC kaplı formülasyonun yüzeyinde daha düzensiz ve çatlaklı bir yapı oluşmuştur. Bu durum, CMC'nin mikroenkapsülasyon sürecindeki etkisinin diğer stabilizatlara kıyasla zayıf olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, SEM görüntüleri, stabilizatörlerin mikroenkapsülasyon performansını ve kaplama kalitesini ortaya koymuş, ksantan sakızı ve guar sakızı kaplı formülasyonların en iyi sonuçları verdiğini göstermiştir.

Mikroenkapsüle stabilizatörlerin, dondurma miksinin tekstürel özellikleri üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir. Ksantan sakızı ve guar sakızı kaplı formülasyonlar, dondurma miksinde daha yoğun bir yapısal stabilite sağlamıştır. Bu, dondurmanın sertlik (firmness), kıvam (consistency) ve yapısal bütünlük (cohesiveness) gibi özelliklerinde olumlu etkilere neden olmuştur. CMC kaplı formülasyonlar, diğer formülasyonlara kıyasla daha yumuşak ve düşük viskoziteli bir yapı sergilemiş, bu da tüketici beğenisini olumsuz etkilemiştir.

Mikroenkapsüle stabilizatörlerle hazırlanan dondurma formülasyonlarının ilk erime süreleri ve tamamen erime süreleri değerlendirilmiştir. Ksantan sakızı ve guar sakızı kaplı formülasyonlar, yüksek erime direnci göstererek daha uzun ilk erime süreleri

sunmuştur. Bu, özellikle sıcak iklimlerde ve uzun süreli saklama koşullarında avantaj sağlamaktadır. Keçiyoynuzu gamı kaplı formülasyonlar da erime direnci açısından iyi sonuçlar verirken, CMC kaplı formülasyon en kısa erime süresine sahip olmuştur, bu da daha düşük bir stabilite göstermektedir.

Dondurmanın hacim artışı (overrun) incelendiğinde, guar sakızı ve ksantan sakızı kaplı formülasyonların, diğer stabilizatörlere kıyasla daha yüksek bir hacim artışı sağladığı gözlemlenmiştir. Bu, dondurmanın daha hafif ve pürüzsüz bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur. CMC kaplı formülasyonlar, düşük hacim artışı göstermiş, bu da dondurmanın daha yoğun ve sert bir yapı sergilemesine yol açmıştır. Hacim artışı, dondurmanın genel tekstürel özelliklerini ve tüketici beğenisini etkileyen önemli bir faktördür.

Dondurmanın renk değerleri, formülasyonda kullanılan stabilizatörlerin etkisiyle değişiklik göstermiştir. Özellikle, guar sakızı ve keçiyoynuzu gamı kaplı formülasyonların daha doğal ve parlak bir renk sunması, tüketicilerin renk algısına olumlu yönde katkı sağlamıştır. Renk analizleri, stabilizatörlerin dondurmanın optik özelliklerine önemli etkisi olduğunu göstermiştir. Ksantan sakızı kaplı formülasyon, daha mat bir görünüm sergilerken, karboksimetilselüloz kaplı formülasyon ise renk açısından en düşük beğeniye sahip olmuştur.

Dondurmanın pH, kurumadde, ve viskozite gibi temel fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan analizler, mikroenkapsüle edilmiş stabilizatörlerin formülasyonlarda belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuştur. Ksantan sakızı kaplı iyotta karregenana, özellikle yüksek su bağlama kapasitesi ile daha iyi viskozite değerleri sunarak dondurmanın stabilitesini ve yapısını olumlu etkilemiştir. Guar sakızı ve keçiyoynuzu gamı kaplı stabilizatörler, dondurmanın dokusunu iyileştirici etkiler göstermiştir. Özellikle bu stabilizatörler, kremamsı bir yapı sağlayarak tüketici beğenisini artırmıştır. Karboksimetilselüloz (CMC) kaplı formülasyonların, diğer stabilizatörlere kıyasla daha düşük viskozite ve erime direnci sağladığı gözlemlenmiştir. Bu, CMC'nin dondurma stabilitesine katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir.

Duyusal analiz sonuçlarına göre, guar sakızı ve keçiyoynuzu gamı kaplı formülasyonlar, dondurmanın renk, tekstür, ağız hissiyatı ve genel kabul edilebilirlik açısından tüketiciler tarafından en çok tercih edilen formülasyonlar olmuştur. Ksantan sakızı kaplı formülasyon, yüksek erime direnci ve iyi yabancı tat puanları ile öne çıkarken, tekstür açısından diğer formülasyonlardan bir miktar geride kalmıştır. CMC kaplı formülasyon ise renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından en düşük puanları almış, bu da stabilizatör olarak CMC'nin dondurma üretiminde duysal kaliteyi yeterince iyileştiremediğini göstermektedir.

Reolojik analizler, ksantan sakızı ve guar sakızı kaplı stabilizatörlerin dondurmanın yapısal stabilitesini ve viskozitesini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Bu stabilizatörlerin sağladığı yoğun yapılar, dondurmanın daha uzun süre stabil kalmasını sağlamıştır. CMC kaplı formülasyon, düşük viskozite ve zayıf yapı sunarak reolojik açıdan en zayıf performansı göstermiştir.

Sertlik analizinde, ksantan sakızı ve guar sakızı kaplı formülasyonlar, dondurmanın istenen sertlik yapısını koruyabilmiş ve erime sırasında stabil bir yapı sunmuştur. CMC kaplı formülasyon, daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğundan, dondurmanın yapısal bütünlüğünü koruma noktasında diğer stabilizatörlere göre daha zayıf kalmıştır.

Dondurma üretiminde kullanılan stabilizatörler, ürünün dokusu, erime direnci ve genel kabul edilebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, özellikle guar sakızı ve ksantan sakızı gibi doğal stabilizatörlerin mikroenkapsülasyon yöntemiyle kullanıldığında dondurmanın istenen duysal ve yapısal özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Üreticilere, bu stabilizatörleri içeren formülasyonları tercih etmeleri önerilebilir.

Karboksimetilselüloz (CMC) gibi stabilizatörler, bu çalışmada dondurmanın hem fizikokimyasal hem de duysal özelliklerini iyileştirme noktasında zayıf kalmıştır. Bu nedenle, dondurma formülasyonlarında CMC yerine, daha etkili olan ksantan sakızı, guar sakızı veya keçiyoynuzu sakızı gibi stabilizatörlerin kullanımı üzerinde durulmalıdır.

Mikroenkapsülasyon yöntemi, stabilizatörlerin etkinliğini artırmakta ve dondurmanın stabilitesini iyileştirmektedir. Bu yöntemin kullanımının artırılması, endüstride daha uzun raf ömrüne sahip, erime direnci yüksek ve tekstürel açıdan zengin dondurmalar üretilmesine olanak sağlayacaktır.

Duyusal kalite, tüketici beğenisi için en kritik faktördür. Bu bağlamda, özellikle guar sakızı ve keçiyoynuzu sakızı ile kaplanmış formülasyonların tüketici testlerinde olumlu sonuçlar verdiği göz önüne alınarak, bu formülasyonların dondurma endüstrisinde kullanımı teşvik edilmelidir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, mikroenkapsüle stabilizatörlerin dondurma üretimindeki etkilerini anlamada önemli bir adım olsa da, farklı stabilizatörlerin kombinasyonları, mikroenkapsülasyon yöntemleri ve dondurma formülasyonları üzerinde daha fazla çalışma yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, tüketici testleri ve raf ömrü analizleriyle desteklenen ileri çalışmalar, endüstriye daha fazla bilgi sağlayabilir.

Sonuç olarak, mikroenkapsüle stabilizatörlerin dondurma üretiminde kullanımı, hem üreticiler hem de tüketiciler açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Doğru stabilizatörlerin seçimi ve mikroenkapsülasyon teknolojisinin etkin bir şekilde kullanılması, dondurma kalitesini artırarak pazar rekabetçiliğini güçlendirebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akalın A S, Karagözlü C, Ünal G, 2008, Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin, *European Food Research and Technology*, 227, 889-895.
- Akın N, 2009, *Dondurma Bilimi ve Teknolojisi*, Damla Ofset, 437s, Konya.
- Akkor Y E, Seferoğlu Ç, 2014, *Ev Yapımı Dondurmalar*. Alfa Yayınları, İstanbul.
- Aloğlu H, Öner Z, 2010, Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Mikroenkapsülasyon Teknolojisinde Kaplama Materyali Olarak Kullanım Olanakları. *Akademik Gıda* 8, 38-42.
- Alvarez J, Torres D, 2021, Encapsulation of Dairy Enzymes for Enhanced Ice Cream Processing. *Journal of Dairy Research*, 88, 3, 318-325.
- Anandharamakrishnan C, Parthasarathi S, 2019, *Microencapsulation in the food industry: A practical implementation guide*. Academic Press.
- Anonim 2005, http://www.kkgm.gov.tr/TGK/Tebliğ/2005_45.html Türk Gıda Kodeksi, Dondurma Tebliği.
- Arbuckle W S, 2013, *Ice cream*, Springer, p.1-18, New York.
- Arslan A A, Gocer E M C, Demir M, Atamer Z, Hinrichs J, Küçükçetin A, 2016, Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into ice cream using three different methods, *Dairy Science & Technology*, 96, 477-487.
- Augustin M A, Sanguansri L, 2020, Encapsulation of Bioactives For Food Applications. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 49, 83-92.
- Bahramparvar M, and Mazaheri T, M, 2011, Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream, *Food Reviews International*, 27, 389-407.
- Bakır E, 2015, Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir Çalışma, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Kahramanmaraş.

- Calvo P, Castaño Á L, Hernández M T, González-Gómez D, 2011, Effects of Microcapsule Constitution On The Quality Of Microencapsulated Walnut Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 1273–1280.
- Carvalho I T, Estevinho B N, Santos L. 2015, Application Of Microencapsulated Essential Oils In Cosmetic And Personal Healthcare Products A Review. *International Journal of Cosmetic Science*, 1–11.
- Chew S C, and Nyam K L, 2016, Microencapsulation Of Kenaf Seed Oil By Co-Extrusion Technology. *Journal of Food Engineering*, 175, 43-50.
- Çelik Ş, Cankurt H, Doğan C, 2009, Safran İlavesinin Sade Dondurmanın Bazı Özelliklerine Etkisi. *Gıda Dergisi*. 35, 1-7.
- Çeliker M, B, 2008, Alıç Meyvesinin Pekmeze İşlenerek Dondurma Üretimine İlavesiyle Dondurmanın Kalite Kriterleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Demirci M, ve Şimşek O, 1997, Süt İşleme Teknolojisi. HASAD Yayıncılık Ltd. Şti. Rebel Ofset, 246 s. İstanbul.
- Desai K, G, H, Park H. J, 2005, Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients Drying Technology, 23, 1361–1394.
- Estevinho B. N, Rocha F, Santos L, Alves A, 2013, Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications- A review. *Trends in Food Science & Technology*, 31, 138-155.
- Fang Z, & Bhandari B, 2010, Encapsulation of polyphenols: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 10, 510-523.
- Fikriyat 2018, Osmanlıdan Günümüze Dondurmanın Tarihi, <https://www.fikriyat.com/yasam/2018/06/18/osmanlidan-gunumuze-dondurmanin-tarihi> (20 Temmuz 2024’de erişildi).
- Flores A A, & Goff H D, 2020, Ice recrystallization in Ice Cream: Mechanisms, Rates, and Inhibitors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 2, 1310-1335.

- Flores A, A, & Goff H, D, 2020, Ice recrystallization inhibition in ice cream using microfluidization. *Journal of Dairy Science*, 19(2), 1310-1335.
- Garcia-Ochoa F, & Santos V, E, 2021, Xanthan gum: Production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 48, 107734.
- Geethadevi R, Maheshwari V, 2015, Anti bacterial Assessment on Bamboo and Tencel Fabrics With Herbal Oil By Micro-Encapsulation Technique, *Research Journal of Chemistry and Environment*, 19, 8, 33-42.
- Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A, Saurel R, 2007, Applications of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 9, 1107-1121.
- Goff H D, Hartel RW, 2013, Ice Cream. 7th Edition, Springer, 462s, US.
- Gönç S, Gahun, Y, 1980, Hidrokolloidler ve bunların sütçülükte kullanılmaları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 17, 2, 49-67.
- Gönç S, ve Enfiyeci A, S, 1987, Dondurma Teknolojisinde Kullanılan Emülsifiye ve Stabilize edici maddeler, Fonksiyonları ve Kombinasyonları. E. Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 24, 2, 209-221.
- Guignon B, Duquenoy A, Dumoulin E D, 2002, Fluid Bed Encapsulation Of Particles: Principles And Practice. *Drying Technology*, 20, 2, 419-447.
- Gupta P, Verma R, Nain L, 2019, Effect of hydrocolloids on the physicochemical properties of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 102 (3), 1934-1945.
- Gupta P, Agarwal N, Nain L, 2020a, Functional properties of guar gum: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4858-4868.
- Gupta A, Singh R, 2020b, Encapsulation of Hydrocolloid Stabilizers in Ice Cream: Impact on Texture and Melting Properties. *International Journal of Dairy Technology*, 73(2), 231-240.
- Güven M, Karaca O B, 2002, Değişen Şeker İçeriği ve Meyve Konsantrasyonunun Vanilya ve Meyveli Dondurma Tipi Dondurulmuş Yoğurtların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri, *Uluslararası Süt Teknolojisi Dergisi*, 55, 27-31.

- Güven M, Karaca O B, and Yaşar K, 2010, Düşük Yağ Oranlı Kahramanmaraş Tipi Dondurma Üretiminde Farklı Emülgatörlerin Kullanımının Dondurmaların Özellikleri Üzerine Etkileri, Gıda, 35, 2, 97- 104.
- Harding F, 1995, Milk quality, Blackie Academic and Professional, New York.
- Heidebach T, Först P, Kulozik U, 2012, Microencapsulation of Probiotic Cells for Food Applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52, 4, 291-311.
- Hyon J, Seo C, Yoo I, Song S, Kang Y, 2016, Glassy photonic inks encapsulated in core-shell microcapsules for local electric field sensors. Sensors and Actuators B, 223, 878–883.
- Jain A, Verma P, & Bansal A, 2021, The role of carboxymethyl cellulose in stabilizing liquid foods. Journal of Food Science and Technology, 58, 7, 2748-2756.
- Jang H, & Kim S, 2020, Impact of Microencapsulated Probiotic and Prebiotic on the Quality of Functional Ice Cream. Journal of Food Engineering, 278, 109935.
- Jimenez-Florez R, Klipfel N J, Tobias J, 1993, Dondurma ve dondurulmuş tatlılar. In: Hui YH (ed) Süt bilimi ve teknolojisi el kitabı, 2. Ürün imalatı. VCH Yayıncıları, 57p, New York.
- Kailasapathy K, Lam S H, 2005, Application of Encapsulated Enzymes To Accelerate Cheese Ripening, International Dairy Journal 15, 929–939.
- Karthikeyan N, Elango A, Kumaresan G, Gopalakrishnamurthy T, R, Pandiyan C, 2013, Augmentation of Probiotic Viability in Ice Cream Using Microencapsulation Technique, Int. Journal of Advanced Veterinary Science and Tech., 2, 1, 76-83.
- Kaya S, Tekin A. R, 2001, The Effect Of Salep Content On The Rheological Characteristics Of A Typical İce-Cream Mix, Journal of Food Engineering, 47, 1, 59-62.
- Kılınç M, 2021, Mikroenkapsüle *L. acidophilus* İlave Edilerek Üretilen Dondurmaların Depolanması Sırasında Bazı Fizikokimyasal Tekstürel Termal ve Mikroyapısal Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 116s, Afyon.

- Kılınç M, Şevik R, 2021, Jeotermal Enerjiyle Kurutulan Alıç Meyvesinin (*Crataegus tanacetifolia*) Dondurmanın Bazı Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24, 963-968.
- Kınık Ö, Kavas G, Yılmaz E, 2003, Mikroenkapsülasyon Tekniği ve Süt Teknolojisindeki Kullanım Olanakları. Gıda, 28, 4, 401–407.
- Koç M, Sakin M, Ertekin F, 2009, Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 16, 77–86.
- Kumar S, Mishra H, N, & Goswami P, 2022, Microencapsulation of Probiotic Bacteria for Ice Cream Production: Effect on Survival and Sensory Properties. Journal of Dairy Science, 105(4), 1850-1861.
- Küçükçetin A, Milci S, Demir M, 2009, Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Probiyotik Dondurmaların Bazı Probiyotik Özellikleri ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Proje No:107O438, 148s.
- Lal S N, O'Connor C J, and Eyres L, 2006, Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology'', Advances in Colloid and Interface Science, 123, 433-437,
- Laohasongkram K, Mahamaktudsanee T, Chaiwanichsiri S, 2011, Microencapsulation of Macadamia oil by spray drying. Procedia Food Science, 1, 1660–1665.
- Lim S Y, Swanson B G, Ross C F, Clark S, 2008, High Hydrostatic Pressure Modification Of Whey Protein Concentrate For Improved Body End Texture Of Low Fat Ice Cream, Journal of Dairy Science, 91, 1308-1316.
- Madene A, Jacquot M, Scher J, and Desobry, S, 2006, Flavour Encapsulation And Controlled Release – A Review. int. J. Food Sci. Tech, 41, 1–21.
- Marshall R, T, Goff H, D, Hartel R, W, 2020, Ice Cream (8th ed.). Springer.
- Megep 2013, Süt ve Süt Ürünleri İşleme Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Mezger T, G, 2018, The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers. Vincentz Network GmbH & Co KG.

- Milci S, Yaygın H, 2003, Üretimden Tüketime Dondurmada Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi Uygulamaları. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu. 22-23 Mayıs 2003, İzmir, 239-244.
- Muhr A H, and Blanshard J, M, V, 1983, The effect of Polysaccharide Stabilizers on Ice Crystal Formation. in Gums and Stabilisers for the Food Industry. H. D. Goff, Colloidal Aspects of Ice Cream-A Review. Int. Dairy Journal 7 (1997) 363-373.
- Mudgil D, Barak S, 2020, Carboxymethyl cellulose: A versatile food ingredient. Food Hydrocolloids, 106, 105904.
- Nazzaro F, Orlando P, Fratianni F, Coppola R, 2012, Microencapsulation in Food Science And Biotechnology. Current Opinion in Biotechnology, 23, 182–186.
- Nunes T, P, & Silva M, A, 2016, Color measurement of dairy products: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56, 1, 1-10.
- Ortakçı F, 2010, Probiyotik Bakterilerin Mikroenkapsülasyonla Sağlığa Yararlı Etkilerinin Arttırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Özcan T, Erbil F, Kurdal E, 1998, Sütün İnsan Beslenmesindeki Önemi. İçme Sütü Sempozyumu, Tekirdağ.
- Özer B, Kırmacı H, A, Şenel E, Atamer M, Hayaloğlu A, 2009, Improving the Viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in White-Brined Cheese by Microencapsulation. International Dairy of Journey, 19, 22-29.
- Özkaradeniz E, 2017, <https://medium.com/@erenozkaradeniz/osmanlı-imparatorluğu-döneminde-istanbul-dondurmacıları-2-8966347b2840> (7 Mart 2017’de erişildi).
- Patel M, Shah N, Gupta R, 2020, Effect of milk powder on the physicochemical properties of ice cream. International Journal of Dairy Technology, 73, 3, 485-492.
- Patel M, Gupta A, Desai P, 2021. Effect of different sugars on the physicochemical and sensory properties of ice cream. Journal of Dairy Science, 104, 8, 7658-7666.

- Paulo F, Santos L, 2017, Design of experiments for microencapsulation applications: A review, *Materials Science and Engineering*, 77, 1327–1340.
- Pinto S, & Furtado A, 2023, Microencapsulation of Natural Antioxidants and Its Application in Ice Cream. *Food Chemistry*, 401, 134028.
- Ramirez E, Johnson M, E, Dave R, I, 2021, Impact of milk powders on texture and sensory attributes of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 104, 5, 5043-5052.
- Rao M, A, & Hartel R, W, 2018, Stabilizers in ice cream: Effect on color and texture. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 409-418.
- Reineccius, G. A. 2004. The spray drying of food flavors. *Drying Technology*, 22, 6, 1289-1324.
- Rodriguez P, Morales A, & Lopez M, 2022, Microencapsulation of Dietary Fibers for Ice Cream Fortification. *Food Science and Nutrition*, 10,5, 1653-1661.
- Rosalam S & England R, 2022, The applications of xanthan gum in food industry. *Food Hydrocolloids*, 107, 105723.
- Saha D, Bhattacharya S, 2020, Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 8, 2837-2850.
- Sarioğlu Y, A, 2015, Düşük Kalorili Dondurma Üretiminde Doğal Tatlandırıcı Olarak Stevia Ekstraktı Kullanımının Ürünün Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 101s, İzmir.
- Scalia S, Coppi G, Iannuccelli V, 2011, Microencapsulation of a Cyclodextrin Complex Of The Uv Filter, Butyl Methoxydibenzoylmethane: In Vivo Skin Penetration Studies, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 54, 345–350.
- Sert D, Mercan E, Dertli E, 2017, Characterization of lactic acid bacteria from yogurt-like product fermented with pine cone and determination of their role on physicochemical, textural and microbiological properties of product, *LWT*, 78, 70-76.
- Shama S, Yadav D, 2021, Microencapsulation of Fat Replacers and Their Use in Low-fat Ice Cream Production. *Food Hydrocolloids*, 115, 106589.

- Sharma G, Sharma S, Kumar A, Ala'a, H, Naushad M, Ghfar, A, A, Stadler F, J, 2018, Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review, *Carbohydrate polymers*, 199, 534-545.
- Shevade A, V, Hartel R, W, 2022, Ice recrystallization inhibition in ice cream. *Journal of Dairy Science*, 105, 3, 1207-1217.
- Silva P D L, Bezerra M F, Santos K M O, Correia R T P, 2015, Potentially Probiotic Ice Cream From Goat's Milk: Characterization And Cell Viability During Processing, Storage And Simulated Gastrointestinal Conditions, *LWT–Food Science and Technology*, 62, 452–457.
- Şimşek O, Tuncay İ, Bilgin B, 2006, Endüstriyel Dondurma Üretiminde Farklı Stabilizatör Kullanımının Dondurma Kalitesine Etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3, 1.
- Tayyar M, Çıbık R, 2013, Gıda Kimyası, Katkı Maddeleri, 195-272, 3. Baskı, Dora BasımYayın Dağıtım Ltd.şti., Bursa., 233-257.
- Tekinşen C, 2008, Dondurma: Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü, Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, 238s.
- Tekinşen O, C, 1997, Süt Ürünleri Teknolojisi. Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Yayın Ünitesi, 396s. Konya.
- Tekinşen O, C ve Tekinşen, K. K, 2008, Dondurma, 1. Baskı, Konya: Selçuk Üniversitesi Basımevi, 189.
- Tekinşen O, C, 2000, Süt Ürünleri Teknolojisi. 3. Baskı. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya.
- Turhan İ, 2004, Sürekli Sistemde Keçiyoynuzu Ekstraksiyonu Üzerine Araştırma. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uyanık B, 2021, Coğrafi İşaretli Kars Kaşarı Dondurması. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Üçüncü M, 2010. Süt ve Mamulleri Teknolojisi, İzmir: Metabasım, 539-565.

- Ye Q, Georges N, Selomulya C, 2018, Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products, Trends in Food Science & Technology, 78, 167–179.
- Ünal G, 2012, Dondurma Teknolojisinde Stabilizer Kullanımının Önemi, Süt Dünyası, 56-57.
- Weiss L, B, 2011, Ice Cream: A Global History. Reaktion Books, Londra.
- Yılmaz L, 2006, Yoğurt Benzeri Fermente Süt Ürünleri Üretiminde Farklı Probiyotik Kültür Kombinasyonlarının Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 156s, Bursa.
- Yılmaz T M, 2014, Ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterilerinin bazı gıdaların tekstürel, reolojik ve mikroyapısal özelliklerine etkisi, Tübitak Proje sonuç Raporu, Proje No: 12O169, 175s, İstanbul.
- Yılmazoğlu İ, H, 2015, Mado: Gastronomi Yeme İçme Dizisi Cilt 1. Ritm Creative Group, Ankara.
- Yurdagel Ü, Teke İ, 1985, Keçiyoynuzu Meyvesinin Kavrulması İle Oluşan Renk Değişimlerinin Araştırılması, Gıda, 1, 39-42.
- Zhang H, Zhang H, Wang L, 2015, Encapsulation of food ingredients: A review. Trends in Food Science & Technology, 22(7), 365-372.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190227-5-1.pdf>, 18.06.2024.