

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DÜŞÜK ŞEKER ORANI, AKÇAĞAÇ VE AGAVE ŞURUBU**  
**KULLANIMI VE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ**  
**UYGULANMASININ DONDURMADA MEYDANA**  
**GETİRDİĞİ DEĞİŞMELER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**DOKTORA TEZİ**

**DAMLAM DURAN**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Hayri COŞKUN**

**BOLU, TEMMUZ - 2023**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Damla DURAN** tarafından hazırlanan “**DÜŞÜK ŞEKER ORANI, AKÇAAĞAÇ VE AGAVE ŞURUBU KULLANIMI VE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ UYGULANMASININ DONDURMADA MEYDANA GETİRDİĞİ DEĞİŞMELER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir. 6/07/2023

### Jüri Üyeleri

### İmza

Danışman  
Prof. Dr. Hayri COŞKUN  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye  
Prof. Dr. İhsan BAKIRCI  
Atatürk Üniversitesi

.....

Üye  
Prof. Dr. Seval ANDIÇ  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

.....

Üye  
Doç. Dr. İlyas ATALAR  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

.....

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet  
EMİRMUSTAFAOĞLU  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

### Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

**Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL**  
**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 30'u geçmemektedir.

**DAMLA DURAN**

## ÖZET

**DÜŞÜK ŞEKER ORANI, AKÇAAĞAÇ VE AGAVE ŞURUBU  
KULLANIMI VE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ  
UYGULANMASININ DONDURMADA MEYDANA GETİRDİĞİ  
DEĞİŞMELER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA  
DOKTORA TEZİ  
DAMLA DURAN  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)**

**BOLU, HAZİRAN – 2023**

**XII + 80**

Bu çalışmada, dondurma üretiminde mevcut şeker oranının düşürülmesi, akçaağaç ve agave şurubu gibi doğal şeker kaynaklarının kullanılması ve yüksek hidrostatik basınç uygulanmasının (YHB) dondurmada meydana getirdiği değişmelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada; şeker kaynağı olarak sakaroz, agave ve akçaağaç şurubunun farklı oranlarda kullanılmasıyla (%6, 8, 10, 12, 15) hazırlanan mikşlerden üretilen dondurma örnekleri içerisinde kabul edilebilir en düşük şeker, akçaağaç ve agave şurup oranları tespit edilmiştir. İkinci aşamada, en düşük şeker oranları ile dondurmalar yeniden üretilerek özellikleri karşılaştırılmıştır. Üçüncü aşamada ise; ikinci aşamada duysal ve diğer özellikleri bakımından en beğenilen dondurmaya YHB uygulanmış (500MPa/20 dk.) ve farklı dinlendirme sürelerinde (0, 10 ve 20 sa.) olgunlaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; sakarozlu (SD), agaveli (AGD) ve akçaağaç şurup ilaveli (AKD) dondurmalar için kabul edilebilir en düşük şeker oranı %8 olarak bulunmuştur. Bu şeker oranına (%8) sahip SD, AGD ve AKD örnekleri içerisinde; en yüksek asitlik, en düşük pH değeri ve en yüksek fenolik madde ile % antioksidan aktivite değeri şurup ilaveli dondurmalarda tespit edilmiştir. SD örneklerinin L\* değeri, % overrun ve % erime oranı yüksek; şekil muhafaza değeri daha düşük çıkmıştır. Tekstürel analizlerde AKD örnekleri en yüksek sertlik, adezyon, esneklik özellikleri gösterirken; SD grubu en yüksek kohezyon özelliği; AGD örnekleri ise en yüksek sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özelliği göstermiştir. Duysal değerlendirmelerde AGD dondurmaları öne çıkmıştır. Dondurma örneklerine YHB uygulaması ve dinlendirme süresinin artırılması örneklerin viskozite, ilk damlama süresi ve sertlik değerlerini arttırmış; % erime oranını azaltmıştır. Duysal değerlendirmelerde genel beğeni bakımından YHB uygulanan ve 10 ile 20 saat dinlendirilen YHB-10 ve YHB-20 dondurmaları daha çok beğenilmiştir. Üretilen dondurma örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteriye (TMAB) rastlanmamıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Dondurma, Doğal Tatlandırıcı, Akçaağaç Şurubu, Agave Şurubu, Yüksek Hidrostatik Basınç

## **ABSTRACT**

### **A STUDY ON THE CHANGES IN ICE CREAM BY USING LOW SUGAR RATIO, MAPLE AND AGAVE SYRUPS AND BY APPLICATION OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE**

**PHD THESIS**

**DAMLA DURAN**

**BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

**DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)**

**BOLU, JUNE 2023**

**XII + 80**

In this study, it was aimed to reduce sugar content in ice cream production, to use natural sugar sources such as maple and agave syrup, and to determine the changes in ice cream caused by the application of high hydrostatic pressure (HP). The study was carried out in three stages. In the first stage; the lowest acceptable sugar, maple and agave syrup ratios were determined among the ice cream samples produced from the mixes prepared by using sucrose, agave and maple syrups at different rates (6, 8, 10, 12, 15%) as a sugar source. In the second stage, ice creams were reproduced with the lowest sugar ratios and their properties were compared. In the third stage; HP (500MPa/20 min.) was applied to the most popular ice cream (in terms of sensory and other properties) obtained from the second stage, and matured at different resting times (0, 10 and 20 h). According to the results obtained; the lowest acceptable sugar rate was found to be 8% for sucrose (SD), agave (AGD) and maple syrups added (AKD) ice creams. Among the SD, AGD and AKD samples with this sugar ratio (8%); the highest acidity, lowest pH value and highest phenolic substance and % antioxidant activity value were determined in syrup added ice creams. SD samples had high L\* value, % overrun and % melting rate; shape retention value was lower. In the textural analysis, AKD samples showed the highest hardness, adhesion and flexibility properties; SD group has the highest cohesion property; AGD samples showed the highest gumminess and chewiness. AGD ice creams were prominent in sensory evaluations. The application of YHB to the ice cream samples increased the viscosity, first dripping time and hardness values of the samples with the increase of the resting time; It reduced the % melting rate. In sensory evaluations, YHB-10 and YHB-20 ice creams, which were applied YHB and rested for 10 to 20 hours, were more appreciated in terms of general taste. Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) was not found in the ice cream samples produced.

**KEYWORDS:** Ice Cream, Natural Sweetener, Maple Syrup, Agave Syrup, High Hydrostatic Pressure

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>KABUL VE ONAY SAYFASI</b> .....	<b>iii</b>
<b>ETİK BEYAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>FOTOĞRAF LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1 Doğal Tatlandırıcılardan Akçaağaç ve Agave Şurubu Kullanımı .....	5
2.1.1 Akçaağaç Şurubu .....	5
2.1.2 Agave Şurubu .....	7
2.2 Sade Dondurma ve Şuruplar Üzerinde Yapılan Çalışmalar .....	9
2.3 Dondurmada Şeker Kullanımı ve Dinlendirme Süresinin Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar .....	14
2.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisi ve Özellikleri .....	18
2.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisinin Süt Bileşenleri ve Süt Ürünleri Üzerindeki Etkileri .....	19
2.4.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	21
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>25</b>
3.1 Materyal .....	25
3.2 Yöntem .....	26
3.2.1 Dondurma Üretimi .....	26
3.2.2 Dondurma Üretim Aşamaları .....	27
3.2.3 Hammaddelerin Kimyasal Analizleri .....	29
3.2.4 Dondurma Miksine Uygulanan Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	30
3.2.5 Dondurmaya uygulanan Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Analizler .....	31
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>38</b>
4.1 Birinci Aşama: En İdeal Şeker Oranının Belirlenmesi .....	38
4.2 İkinci Aşama: En İdeal Şeker, Akçaağaç ve Agave Oranına Sahip Dondurma Mikslerinin Özellikleri .....	38
4.3 İkinci Aşama: En İdeal Şeker, Akçaağaç ve Agave Oranına Sahip Dondurmaların Özellikleri .....	41
4.3.1 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Kimyasal Özellikleri ....	41

4.3.2 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Fiziksel Özellikleri.....	43
4.3.3 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	46
4.3.4 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Antioksidan Aktivite (%) Değerleri .....	47
4.3.5 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Tekstürel Özellikleri ....	48
4.3.6 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Duyusal Özellikleri .....	51
4.4 Üçüncü Aşama: Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Dondurma Mikslerinin Bazı Fiziko-kimyasal Özelliklerine Etkisi .....	53
4.5 Üçüncü Aşama: Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Dondurmaların Özelliklerine Etkisi.....	55
4.5.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların pH, Asitlik (%), Hacim artışı (%), İlk damlama süresi ve Erime oranları (%) ...	55
4.5.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Renk Değerleri .....	58
4.5.3 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite (%) Değerleri.....	60
4.5.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Tekstürel Özellikleri .....	61
4.5.5 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Duyusal Özellikleri .....	63
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>66</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>70</b>

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1.</b> Panelistlerin farklı şeker oranlarına sahip dondurmaları tercih sayıları .....	38
<b>Tablo 4.2.</b> İdeal şeker oranına sahip dondurma mikslerinin özellikleri .....	39
<b>Tablo 4.3.</b> İdeal şeker oranlı (%8) dondurmaların kimyasal özellikleri.....	42
<b>Tablo 4.4.</b> Dondurma örneklerinin hacim artışı, ilk damlama süresi, erime oranı ve şekil muhafaza değerleri.....	44
<b>Tablo 4.5.</b> Dondurma örneklerinin renk değerleri.....	46
<b>Tablo 4.6.</b> Dondurma örneklerinin fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktivite testi sonuçları.....	47
<b>Tablo 4.7.</b> Dondurma örneklerine ait tekstürel analiz sonuçları .....	48
<b>Tablo 4.8.</b> Dondurma örneklerinin duyu test sonuçları .....	52
<b>Tablo 4.9.</b> YHB uygulamasının ve dinlendirme işleminin dondurma miksini bazı fiziko-kimyasal özelliklerine etkisi .....	53
<b>Tablo 4.10.</b> YHB uygulanmış dondurma örneklerine ait pH, asitlik (%), hacim artışı değerleri, ilk damlama süresi ve erime oranları .....	56
<b>Tablo 4.11.</b> YHB uygulanmış dondurma örneklerine ait renk değerleri.....	59
<b>Tablo 4.12.</b> YHB uygulanmış dondurma örneklerinin fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerleri .....	60
<b>Tablo 4.13.</b> YHB uygulanmış dondurma örneklerinin tekstürel özellikleri.....	61
<b>Tablo 4.14.</b> YHB uygulanmış dondurma örneklerinin duyu test sonuçları .....	63

## FOTOĞRAF LİSTESİ

### Sayfa

<b>Fotoğraf 3.1.</b> Yüksek hidrostatik basınç cihazı.....	25
<b>Fotoğraf 3.2.</b> Dondurma makinesi .....	26
<b>Fotoğraf 3.3.</b> Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış dondurma miksi.....	28
<b>Fotoğraf 3.4.</b> Üçüncü aşamada üretilen dondurma örnekleri; KYD: klasik yöntem dondurma, YHB-0: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/10 saat dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/20 saat dinlendirilmiş dondurma .....	29
<b>Fotoğraf 3.5.</b> Buhner hunisi düzeneği.....	34
<b>Fotoğraf 3.6.</b> Tekstür cihazı .....	36

## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b>%</b>	: Yüzde
<b>°Bx</b>	: Briks Derecesi
<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>a*</b>	: Yeşillik/Kırmızılık
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>b*</b>	: Mavilik/Sarılık
<b>cP</b>	: Centipoise
<b>dk</b>	: Dakika
<b>DPPH</b>	: 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil
<b>FOS</b>	: Fruktooligosakkarit
<b>g</b>	: Gram
<b>GAE</b>	: Gallik Asit Ekvivalenti
<b>kcal</b>	: Kilokalori
<b>kob</b>	: Koloni Oluşturan Birim
<b>L*</b>	: Parlaklık/Koyuluk
<b>L</b>	: Litre
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mJ</b>	: Megajul
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>N</b>	: Newton
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>PCA</b>	: Plate Count Agar
<b>s</b>	: Saniye
<b>SYKM</b>	: Süt Yağsız Kuru Madde
<b>TMAB</b>	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>UHT</b>	: Ultra High Temperature
<b>YHB</b>	: Yüksek Hidrostatik Basınç

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bilgi birikimi ve tecrübelerini benimle paylaşan, yol gösteren kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Hayri COŞKUN'a, tez çalışmama değerli fikirleriyle ve yönlendirmeleriyle katkı veren Tez İzleme Komitesi hocalarım Doç. Dr. İlyas ATALAR ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet EMİRMUSTAFAOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Ercan SARICA'ya, tez kapsamındaki tekstür analizlerinin gerçekleşmesine imkan sağlayan Prof. Dr. Ahmet AYAR'a ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Elif SEZER'e, duyuusal analizler için vaktini ayıran panelislere teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama verdikleri desteklerden ötürü Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim (2020.09.04.1463 Nolu BAP Projesi).

“2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı” kapsamında burs vererek doktora eğitimime sağladığı maddi destekten ötürü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (TÜBİTAK BİDEB)'na teşekkür ederim.

“100/2000 YÖK Doktora Programı” kapsamında burs vererek doktora eğitimime katkı sağlayan aynı zamanda “Yenilikçi Gıda İşleme Teknolojileri ve Gıda Biyoteknolojisi” öncelikli alanında çalışma imkanı sunan Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan canım anneme, varlığı ile güç veren ve her daim destekçim olan biricik eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

**Damla DURAN**

# 1. GİRİŞ

Dondurma, üretilecek dondurma çeşidine yönelik hazırlanmış reçeteye göre bileşenlerin hesaplanıp, tartılıp, karıştırılıp; karışımın sırasıyla pastörizasyon, homojenizasyon, soğutma, dinlendirme, dondurma, ambalajlama ve sertleştirme işlemlerine tabi tutulmasıyla üretilen bir gıda maddesidir (1–3). Dondurmanın keşfinin yaklaşık 3000 yıl önceye dayandığı düşünülmektedir. Dönemin kaynaklarında Çin’de meyve suyu karışımının, Anadolu’da Karsambaç adıyla bilinen buzlu tatlıya benzer şekilde tüketildiğine rastlanmaktadır (2–4). Türkiye’de ise dondurmacılık yaklaşık 100 yıl önce ev-sokak dondurmacılığı şeklinde İstanbul’da başlamış ardından Anadolu’ya yayılmıştır (2,3,5). 1957 yılında, Atatürk Orman Çiftliği Pastörize Süt ve Mamülleri Fabrikası’nın kurulması ile endüstriyel anlamda üretime geçilmiştir (2,3).

Her yaş grubundan insanın severek tükettiği süt ürünlerinin başında gelen dondurma, günümüzde sadece yaz aylarının değil her mevsimin gözdesi konumuna gelmiştir. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık dondurma tüketimi 4,2 litre seviyesindeyken bu değer AB’de 6,8 litre, ABD’de 30 litre’ye kadar yükselmektedir (6). TÜİK’den elde edilen güncel verilere göre Türkiye’nin 2021 yılı itibariyle ihraç ettiği dondurma ve yenilen diğer buz miktarı 20.008.787 kg ve elde ettiği gelir 489.633.810 ₺ seviyesinde bildirilmiştir. Aynı yılın ithalat verileri 615.335 kg ve 23.484.631 ₺ olarak tespit edilmiştir. 2022 yılının Ekim ayı itibariyle elde edilen verilerde dondurma ve yenilen diğer buzların ithalat miktarı 527.399 kg bulunmuş, ihracat miktarı ise 20.808.570 kg seviyesine yükselmiştir (7).

Dondurmaya böylesine artan talebin bir sonucu olarak üretimi çeşitlendirilmiş, seçenekleri artmıştır. Miksinde yer alan maddelere göre dondurmalar genel anlamda; süt ürünlerinden yapılanlar (dairy ice cream), bitkisel yağ katkılı olanlar (mellorine), bir miktar süt ile meyve ve/veya meyve suyu içerenler (sherbet), sadece su, şeker ve meyve konsantresinden yapılanlar (water ice veya ice) ve dondurma benzeri olanlar (ice milk) şeklinde sınıflandırılmaktadırlar (8). Dondurma sektörünün gelişmesi ve insanların talepleri doğrultusunda günümüzde Parevin (et ve süt ürünü içermeyen dondurma), Mus (köpük kıvamında düşük hacim artışlı dondurma), Lakto (fermente süt kullanılarak üretilen sherbet), Diyabetik ve Diyetitik (şeker

hastalarına yönelik şeker alkol ve yapay tatlandırıcı kullanılmış dondurma), yumuşak dondurma (milk shake), yoğurt dondurması ve Maraş dondurması gibi çeşitler de üretilmektedir (9). Fakat hala tüm dünyada en çok tercih edilen tür klasik dondurma olarak tabir edilen süt ürünlerinden yapılan dondurmalarıdır (2,3).

Hangi dondurma türü olursa olsun birçoğu önemli miktarda şeker içermektedir. Son dönemlerde şeker, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen pek çok hastalığın tetikleyicisi olarak görülmektedir (10–14). Ancak şekerin dondurmadaki fonksiyonları yadsınamaz bir gerçektir. Dondurmanın fiziksel ve duyuşal niteliklerinin sağlanmasında şeker; tatlılık hissini sağlamakta, kuru madde içeriğini arttırmakta ve dondurmanın yapısal özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamaktadır (3). Ayrıca şeker, kullanım miktarı ve çeşidine bağılı olarak miksin donma noktasını da düşürmektedir. Şekerlerden kaynaklanan bu donma noktası düşüşü, glikoz gibi düşük moleköl ağırlıklı monosakkaritlerde, sakaroz gibi göreceli olarak daha yüksek moleköl ağırlığına sahip disakkaritlere göre daha fazladır (8). Şekerler donma noktası vasıtasıyla miksin dövülme kapasitesini, dondurmanın yumuşaklık-sertlik derecesini ve ısısız değışikliklere dayanımını da etkilemektedirler (8,9). Tüm bu sebeplerden dolayı şeker, dondurmanın standart özelliklerine kavuşmasında yararlanan vazgeçilmez bir bileşendir.

Tatlandırıcılar esasen kaynağına göre doğıal ve yapay tatlandırıcılar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (10,15). Fakat bazı kaynaklarda şeker alkoller ayrı bir sınıf olarak belirtilmektedirler (16,17). Tatlandırıcıların sınıflandırılmasında kullanılan bir diğıer yöntem kalori içeriklerine göre ayırmaktır. Bu doğırultuda besleyici değıeri olan ve olmayan tatlandırıcılardan bahsetmek mümkündür (10,15).

Yapay tatlandırıcılar laboratuvar şartlarında üretilen düşük kalorili veya kalorisiz, şeker yerine kullanılan maddelerdir. Aspartam, sakarin, asesulfam-K, siklamat, sukraloz, neotam, alitam, trehaloz, advantam bu grupta yer alan yapay tatlandırıcılardır. Birçoğu kalori vermemekte lakin yoğun bir tatlılık sağlamaktadır. Bunun yanında, ekonomik yönden de uygundur. Nitekim bu vasıflar, yapay tatlandırıcıların özellikle sağıık veya kilo sorunu olan tüketicilerle, ekonomik kaygı duyan gıda üreticilerinin tercih sebebi olmasına neden olmuştur (10,16–18). Gerçekten diğı çürümesi, obezite, diyabet gibi hastalıklara yönelik faydalı etkileri bulunmaktadır (10,19,20). Fakat bazı çalışmalarda aksine, obezite

(10,21), tip 2 diyabet (10,22,23), glukoz intoleransı (10,16,18), beyin hasarı ve tümör oluşumuna yol açabileceklerine dair ifadeler yer verilmektedir (15). Bunun yanı sıra, yapay tatlandırıcıların dondurmada kullanımının bazı yapısal ve tekstürel kusurları da beraberinde getirebileceği belirtilmiştir (8). Geline nokta yapay tatlandırıcı kullanımını yerini doğal tatlandırıcıların uygulanmasına yönelik çalışmalara bırakmaya başlamıştır.

Doğal tatlandırıcılar kaynağını doğadan alan, üretim sürecinde yoğun bir işleme maruz kalmayan veya hiç işlem görmeyen, böylece doğal yapısı korunan bileşiklerdir. Başlıca kaynakları meyve, sebze, süt ürünleri, kuruyemiş vb. gıda maddeleriyle, bitkilerin yaprak, meyve, tohum, kök gibi kısımlarıdır (10,24). Birçoğunun nispi tatlılığı şekerden daha yüksektir. Bu durum, şekerle aynı tadın daha az miktarda doğal tatlandırıcı kullanımıyla sağlanabileceği anlamına gelmektedir (25). Besin maddesi içeriği açısından da daha zengindirler. Bu bileşikler rafine şekerlerden farklı olarak tatlılık verme özelliklerinin yanı sıra birer protein, lipit, diyet lifi, fitokimyasal, vitamin ve mineral kaynağıdır (10,26). Oysa bilindiği gibi rafine şekerin üretim sürecinde şeker kamışı veya pancarının bileşimi %99.9 saflık derecesi içecek şekilde değişime uğramaktadır (27).

Doğal tatlandırıcılar kimyasal yapılarına göre karbonhidrat veya sakkarit kökenli olup olmamasına göre iki şekilde gruplandırılmıştır. Sakkarit olmayan doğal tatlandırıcılar karbonhidrat dışındaki yapıları içermektedir. Bunlar terpenoidler, steroidal saponinler, proteinler, dihidrokalkonlar, dihidroizokumarinler, uçucu yağlar ve poliollerdir (28). Sakkarit yapıdaki doğal tatlandırıcılar ise (doğal karbonhidratlar) glikoz, früktoz, galaktoz gibi monosakkaritler; sakaroz, laktoz, maltoz gibi disakkaritler ve bazı oligosakkaritleri içermektedir. Kimyasal formülleri  $C_n(H_2O)_m$  şeklindedir. Bileşimlerinde bu karbonhidratları farklı oranlarda içeren bal, pekmez, akçağaç şurubu, agave şurubu gibi tatlandırıcılar da bu grupta yer almaktadır. Bazı kaynaklarda bunlar 'Geleneksel Doğal Tatlandırıcılar' olarak anılmaktadır (10,29).

Günümüzde tüketicilerin şeker tüketimini azaltma ve daha sağlıklı alternatiflere yönelme isteği, gıdalarda kullanılan sakarozu alternatif doğal şeker kaynaklarının yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Bu alanda pek çok seçenek olmasına rağmen, dondurma üretiminde genellikle bal, pekmez, stevia, hurma şekeri gibi doğal tatlandırıcıların ağırlık kazandığı görülmüştür. Şekere yakın

bileşimi (yüksek sakaroz miktarı) ve düşük kalori verme özelliğiyle öne çıkan Akçaağaç şurubu ile sağladığı düşük glisemik indeks değeri ve zengin fonksiyonel bileşimiyle Agave şurubu sakarozun yerini alabilecek nitelikte doğal şeker kaynakları olmasına rağmen, dondurmada bu şurupların kullanımı ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Agave ve akçaağaç şuruplarının, dondurmanın çeşitli özelliklerine etkilerinin incelendiği kapsamlı bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Diğer yandan ısı işlem kaynaklı teknolojilerin süt ürünleri başta olmak üzere üründe besin kaybına neden olduğu düşüncesi tüketicileri alternatif arayışlara yönlendirmiş bu noktada yenilikçi gıda işleme teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin en bilinenlerinden Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) işlemi çeşitli gıda ürünlerinde denenmiş halen yaygın şekilde tercih edilen bir prosestir (30). Süt, peynir, yoğurt gibi çeşitli ürünlerde de uygulanmış olan teknolojinin çeşitli avantajları dikkat çekmiştir. Ancak bu alanda dondurma ile ilgili yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. YHB'nin dondurmadaki spesifik içerikler üzerindeki etkilerine daha yakından bakmak için bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, klasik dondurma üretim reçetesinde bulunan şeker oranlarının düşürülmesi üzerinde çalışılmış ve ayrıca dondurma yapımında tatlandırıcı olarak doğrudan şeker ilavesi yerine, geleneksel doğal tatlandırıcılardan Akçaağaç şurubu ve Agave şurubu kullanılmıştır. Böylece dondurma üretiminde düşük kalorili dondurma elde etme olanağı, ayrıca bu şurupların dondurma özelliklerini nasıl etkilediği ve şeker oranının düşürülmesi nedeniyle dondurmada meydana gelebilecek kalite kusurlarını gidermeye yönelik yapılan YHB uygulamasıyla olası kusurların giderilmesi üzerine çalışılmıştır. Aynı zamanda bu teknoloji ile dinlendirme aşamasının kısaltılması konusu da araştırmanın amaçları arasında yer almıştır. Bu doğrultuda ilk aşamada; klasik dondurma reçetelerinde dikkate alınan şeker oranlarını düşürmek ve ayrıca dondurma yapımında doğal şeker kaynağı olarak kullanılacak Agave ve Akçaağaç şurubu en ideal miktarlarının tespitine çalışılmıştır. İkinci aşamada; birinci aşama sonunda belirlenen her grup içerisindeki en ideal şeker oranıyla sakaroz ilaveli, akçaağaç ve agave şurubu ilaveli dondurma örnekleri yeniden üretilmiş ve özellikleri karşılaştırılmıştır. Üçüncü aşamada en çok beğenilen dondurmaya yüksek hidrostatik basınç uygulanarak, farklı dinlendirme sürelerinde dondurmanın bazı özelliklerine etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Doğal Tatlandırıcılardan Akçaağaç ve Agave Şurubu Kullanımı

#### 2.1.1 Akçaağaç Şurubu

Akçaağaç şurubu Acer cinsi ağaçların, özellikle *Acer nigrum* (kara akçaağaç), *A.rubrum* (kırmızı akçaağaç) ve *A.saccharum* (şeker akçaağacı) türlerinden elde edilen özsuyun konsantre edilmesiyle üretilen doğal şeker kaynağıdır. Genellikle bu türlerin kullanılmasının sebebi şeker verimlerinin daha yüksek olmasıdır (26,31). Yerli Amerikalıların keşfettiği bu doğal şeker, bugün tüm dünyada sevilerek tüketilen bir lezzet haline gelmiştir (32). Akçaağaç şurubu şekerle benzer şekilde tad ve kalori verme özelliğine sahiptir. Ancak aynı miktarda tüketimi daha az kaloriye karşılık gelmektedir. 100 g akçaağaç şurubu 260 kcal (33), şeker ise 387 kcal (34) enerji vermektedir. Ayrıca çeşitli besin maddelerince zengin bileşimi, akçaağaç şurubunu şekere kıyasla daha doğal ve sağlıklı bir alternatif olarak öne çıkarmaktadır (16).

Akçaağaçlardaki özsuyun akış hareketi, sıcaklık etkisiyle oluşan basınç farkının bir sonucudur. Buna göre, sıcaklık donma noktasının altına indikçe ağaç donmakta ve ağacın içinde negatif basınç şartları oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle bu aşamada ağacın içindeki basınç dışarıdaki atmosfer basıncından daha düşük duruma gelmektedir. Bunun sonucu, köklerdeki özsu emilmektedir. Sıcaklık arttığında ise, donlar çözülmekte ve ağacın içinde pozitif basınç hakim olmaktadır. Ağacın içerisindeki yüksek basınç, özsuyun açılan deliklerden veya yarıklardan itilmesine sebep olmaktadır. Akış, iç basınç dış basınca eşit oluncaya kadar sürmektedir. Bir sonraki gece aynı döngü tekrar etmektedir (24,32,35). Özellikle sıcaklık farkının fazla olduğu dondurucu gecelerin ardından gelen güneşli günler, bu akışın sağlandığı ideal şart olarak kabul edilmektedir. Bu koşulların sağlandığı Şubat, Mart, Nisan ayları boyunca özsu toplanabilmektedir. Olgun bir akçaağaçtan bir sezonda 40 L özsu hasat edilebilmektedir. 40 L öz sudan 1 L akçaağaç şurubu elde edilmektedir (24).

Akçaağaçların özsu, gövdeye yerleştirilen tüpler yardımıyla kovalarda biriktirilerek veya doğrudan plastik borularla tanka aktarımı sağlanarak toplanabilir (24,32). Toplanan özsuyun işlenmesinde iki farklı yol izlenebilmektedir. Bunlardan ilki, istenilen briks değerine ulaşmaya kadar klasik

metotla ısıtılarak suyun buharlaştırılmasıdır. Ancak bu yöntem işlem süresi ve enerji tüketimi nedeniyle maliyetli bir seçenektir. İkinci yöntem ise önce ters ozmoz ile özsuyun belirli bir briks değerine kadar konsantre edilmesi, ardından ısıtılarak kalan suyun uzaklaştırılmasıdır. Ters ozmozla özsu 34 briks değerine kadar konsantre edilebilmektedir. Bu işlem özsuya uygulanacak ısıtma süresini kısaltmakta, böylece enerji kullanımını azaltmaktadır. Aynı zamanda özsuyun kalite niteliklerinin muhafaza edilmesinde de avantajlı bir yöntemdir. Her iki yöntemde de işlem sonunda 66-67 briks değerinde şurup üretimi hedeflenmektedir. Bu değer mikrobiyal gelişimin olmadığı aynı zamanda şekerin şurupta çözülmüş olarak bulunduğu konsantrasyon olarak belirlenmiştir. Bu değer üzerindeki konsantrasyonlar şurupta şekerin çökmesiyle sonuçlanan kalite kayıplarına mahal verebilir (26).

Akçaağaç şurubunun kurumaddesinin büyük bölümünü şeker oluşturmaktadır. Şeker miktarı özsuda ortalama %2.5 seviyesindeyken şuruba işlenmesi sonucunda %66.5'a kadar yükseldiği belirtilmektedir (24). Şurup bileşimindeki şekerin ana kaynağı sakarozdur. Ayrıca eser miktarlarda glikoz ve früktozun yer aldığı da belirtilmektedir. Bunlardan başka potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, manganez, alüminyum, çinko, demir gibi çeşitli mineralleri, riboflavin, niasin, tiamin vitaminlerini, bazı amino asit (arginin, treonin, prolin) ve organik asitleri (fumarik asit, malik asit vb.) de içermektedir. Fitokimyasallar açısından zengin bir bileşime sahiptir. Bunların büyük bölümünü fenolik bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşikler şurubun aroma ve renk gibi kalite özelliklerini geliştirmekte, ayrıca sağlık faydalarına katkıda bulunmaktadır (26). Bunlardan başlıcaları siring aldehit, konifer aldehit, sinapik asit, kumarik asit, vanilik asit, siringik asit, homovanilik asit ve ferulik asittir. Fenoliklerin türü ve konsantrasyonu şurup derecesine göre farklılık göstermektedir (32). Öte yandan özsuyun hasat zamanı, fenolik bileşiklerle birlikte şurubun diğer bileşenlerini de etkilemektedir. Nitekim sezon başında elde edilen özsularda pH ve fenolik bileşiklerin, sezon ortasında mineral madde ve sakarozun, sezon sonunda ise mikrobiyal sayının yüksek olduğu tespit edilmiştir (26).

Akçaağaç şurubunun insan sağlığına ilişkin antikanserojen, antibakteriyel, antiinflamatuvar, antinörodejeneratif, antioksidan etkileri söz konusudur. Akçaağaç şurubunun potansiyel faydaları başlıca fenolik bileşiklerle ilişkilendirilmiştir. Dahası,  $\alpha$ -glikozidaz enzim aktivitesini inhibe ederek, özellikle diyabet hastaları

için önemli olan kan glikoz seviyesinin düşmesini sağlamaktadır. Akçaağaç şurubunun antidiyabetik özelliğinde etkili bir diğer bileşik absisik asit (ABA)'tir. Agave ve stevya'ya benzer şekilde prebiyotik özellikte inulin tipi fruktooligosakkarid ve arabinogalaktanları içermektedir. Bu da ürüne fonksiyonel gıda niteliği kazandırmaktadır (16,26).

Akçaağaç şurupları Kanada standartlarında renk yoğunluklarına göre ekstra beyaz (AA derece), beyaz (A derece), orta (B derece), kehribar (B derece) ve koyu (C derece) şeklinde sınıflandırılmaktadır (16,32). Amerikan standartlarına göre ise ekstra beyaz (AA derece) açık kehribar, beyaz (A derece) orta kehribar, orta (B derece) ise koyu kehribar rengine karşılık gelmektedir. Renk ölçümleri spektrofotometrede 560 nm dalga boyundaki ışık geçirgenlikleri baz alınarak yapılmaktadır.

Bugün Acer cinsi bazı kaynaklara göre 129 (31), bazı kaynaklara göre 148 (36) farklı tür Akçaağaç bulunmaktadır. Çin sahip olduğu 99 Acer türüyle bu alanda en fazla çeşitliliğe sahip ülkedir. Üstelik bunların büyük bölümünü endemik türler oluşturmaktadır (66 tür) (31). Fakat akçaağaç şurubunun üretiminde Kanada ve ABD lider durumdadır. Kanada dünya genelindeki 8-9 milyon gal (yaklaşık 45.000 metrik ton) şurup üretiminin %85'ini tek başına karşılamaktadır. Akçaağaç şurubuyla özdeşleşen ülkenin bayrağında dahi akçaağaç yaprağının sembolü yer almaktadır. Üretimde geriye kalan yüzdeler dilimi ABD karşılamaktadır (32). Ancak sonraki yıllarda Japonya da akçaağaç şurubu üretiminde dikkat çekici bir ivme kazanmıştır (26).

Türkiye'de ise 11 Acer türünün mevcudiyetinden bahsedilmiştir. Doğal olarak yetişen bu türler; *A.trautvetteri*, *A.capadocicum*, *A.campestre*, *A.divergens*, *A.monspessulanum*, *A.sempervirens*, *A.hyrceanum*, *A.tataricum*, *A.pseudoplatanus*, *A.quinquelobum*, *A.platanoides* şeklindedir. Türkiye'de akçaağaç şurubunun üretimi olmayıp, yurt dışı kaynaklı *A.saccharum* türünden yalnızca çevre düzenlemesi amacıyla yararlanılmaktadır (37).

### 2.1.2 Agave Şurubu

Yeni doğal tatlandırıcılardan bir diğeri benzersiz özellikleriyle dikkat çeken agave şurubudur. Agave şurubu Agavaceae familyasında yer alan Agave cinsi bitkilerin özellikle *Agave mapisaga*, *atrovirens*, *salmiana*, *Americana*, *hookeri* ve *tequilana* türlerinden elde edilen özsuynun, çeşitli şekillerde işlenmesiyle elde edilen doğal tatlılığa sahip gıda maddesidir. Agave şurubu

"agave balı", "agave nektarı", "agave konsantresi", "agave özsu" ve "aguamiel konsantresi" gibi isimlerle de anılmakta, ülkemizde ise "sabır otu" olarak bilinmektedir. Agave bitkisinin şurup olarak kullanımının dışında gıda (tekila, mezcâl, sotol, pulque gibi alkollü içecekler), tekstil (lif üretimi), ilaç sektörü gibi farklı alanlarda çeşitli uygulamaları bulunmaktadır (26,38).

Agave şurubunu üretmek için geleneksel, yarı endüstriyel ve endüstriyel olmak üzere üç farklı yöntem bulunmaktadır (39). Geleneksel ve yarı endüstriyel yöntemde yeterli olgunluğa erişen bitkiden (8 ila 10 yıl) elde edilen "aguamiel" denilen özsu ısıtılarak içerisindeki inülinin früktoza kadar hidrolize olması sağlanmaktadır (26,39). Yarı endüstriyel süreçte geleneksel üretimden farklı olarak pişirme sırasında pH, °Bx ve sıcaklık gibi kalite parametreleri kontrol edilmektedir. Endüstriyel metotta ise doğrudan pine adı verilen ananasa benzeyen gövde kısmı (çiğ veya kısmen ısıtılmış halde) parçalanarak öğütülmekte ve ısı işlem yerine asitle veya enzimle hidrolize edilmektedir (39).

Agave öz suyunun (aguamiel) B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> ve askorbik asit vitaminleri, potasyum, kalsiyum, sodyum, demir, bakır, magnezyum, çinko, selenyum mineralleri, protein ve inülin denilen fruktanlarca zengin olduğu bilinmektedir (40,41). Isıl işlem ile bu inülin denilen polifruktanların parçalanması sağlanarak fruktozlar açığa çıkarılmakta ve arzu edilen tatlı tat meydana getirilmektedir (41). Bu işlem sırasında tamamen parçalanmayan kalıntı fruktooligosakkaritlerse (FOS) şuruba fonksiyonel nitelik kazandırmaktadırlar. Şekerî esas olarak fruktoz polimerleri olarak depolayan bu bitkinin toplam karbonhidrat içeriğinin > %60 fruktoz, daha az miktarını glukoz ve eser miktarını sükroz oluşturmaktadır (42). Ancak farklı Agave türleri farklı kimyasal kompozisyon sergileyebilmektedir. Örneğin şurup yapımında yaygın olarak kullanılan türlerden *A. Tequilana*'dan elde edilen şurupta %71-92 fruktoz, %4-15 glukoz ve %4 sükroz bulunurken, bir diğer tür *A. Salmiana*'dan elde edilen şurupta > %70 fruktoz, > %25 glukoz ve %2 sükroz vardır. Ayrıca şurup bileşiminde sitrik asit, inositol ve mannitol varlığından da bahsedilmektedir (26).

Agave şurubunun yüksek fruktoz içeriği, diğer pek çok tatlandırıcıdan daha düşük bir glisemik indeks değerine sahip olmasını sağlamaktadır. Bazı kaynaklarda bu değer 17-27 (43), bazılarında 11-15 (10), veya 10-11 (44) olarak verilmektedir. Her hâlükârda bahsedilen değerler glisemik indeksi 68 olan sükroz ve glisemik indeksi 61 olan bal gibi tatlandırıcıların glisemik indekslerine

kıyasla farkedilir şekilde düşüktür (43). Bu da kan şekeri artışına neden olma olasılığının düşük olduğu anlamına gelmektedir (17). Agave şurupları düşük glisemik indeks değerinin dışında antioksidan, antibakteriyel ve antikanserojenik etkiler de göstermektedir. Söz konusu sağlık etkileri, agavenin bileşimindeki başlıca saponin, flavonoid gibi fitokimyasal bileşikler ve fruktanlardan kaynaklanmaktadır. Fruktanların (FOS, inülin vb.) sağlık üzerindeki olumlu etkisi plazma glikoz ve lipit seviyesini düşürmek, kemiklerdeki kalsiyum emilimini arttırmak şeklinde doğrudan veya prebiyotik özellikleriyle probiyotik bakterilerin gelişmesini teşvik ederek dolaylı yoldan gerçekleşmektedir (26,45).

Agave bitkisi Amerika Birleşik Devletleri'nin güneyi ve Güney Amerika boyunca dağılım gösteren ancak yoğun olarak Meksika'da yetişen bir cinstir (10,46). Öyle ki 200'den fazla türe ve 27 alt türe sahip olan bu cinsin %75'i Meksika'da bulunmaktadır. Ayrıca Meksika, 135 endemik Agave türüne de ev sahipliği yapmaktadır (46). 2009 yılı verileri, Meksika'nın en fazla Agave üretme kapasitesine sahip Jalisco eyaletinde Agave üretiminin 6000 ton olduğunu göstermiştir. Bu hasadın %90'ının alkollü içecek üretiminde, kalan miktarınsa şurup üretiminde değerlendirildiği 2012 yılına kadar derlenen verilerde bildirilmiştir (26).

Yapılan literatür taraması akçaağaç ve agave şuruplarının tatlılık verme özelliği, düşük kalori içeriği ve fonksiyonel faydaları ile şekerle oldukça uygun alternatifler olacağını ortaya koymuştur. Fakat doğal tatlandırıcıların dondurmada kullanımına ilişkin yapılan çalışmalarda bal, pekmez, stevia gibi diğer doğal şeker kaynaklarının kullanıldığı pek çok çalışmaya rastlansa da agave ve akçaağaç şurubunun dondurmada kullanıldığı bilimsel çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Bu aşamada sade dondurmanın özellikleri ile agave ve akçaağaç şurubunun çeşitli özelliklerinin incelenmesine ilişkin yapılan bazı çalışmalar derlenmiştir:

## **2.2 Sade Dondurma ve Şuruplar Üzerinde Yapılan Çalışmalar**

Erkaya vd. (47) farklı oranlarda altın çilek ilave edilmiş dondurmaların fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, altın çilek ilave edilmemiş sade dondurmalarda (kontrol grubu) kurumadde, kül, yağ, protein, titrasyon asitliği ve pH değerlerini sırasıyla %29.31, %0.82, %4.60, %5.80, %0.22 ve 6.30 olarak belirlemişlerdir.

Prebiyotik lifli Stevia özü ilavesinin probiyotik dondurmaların kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; stevia içermeyen kontrol grubu sade dondurmaların kimyasal özelliklerinden kurumadde, kül, titrasyon asitliği ve pH değerleri sırasıyla %30.18, %2.12, %0.31, 6.20 bulunmuştur (48).

Aliyev (49) farklı oranlarda kefir ve yaban mersini ilavesinin dondurmanın fizikokimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikleri araştırmıştır. Araştırmacı kefir ve yaban mersini içermeyen kontrol grubu sade dondurmaların kurumadde oranını %34.07, yağ oranını % 4.93, protein oranını %3.75, kül oranını %0.88, pH değerini 6.16 ve titrasyon asitliğini %0.190 tespit etmiştir.

Güzeler vd. (50) farklı oranlarda keçi ve inek sütü kullanılarak üretilen dondurmaların depolama süresince fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerindeki değişimleri izlemişlerdir. Sadece inek sütü kullanılarak üretilen sade dondurmaların depolamanın ilk günü elde edilen verileri neticesinde kül ve yağ değerleri sırasıyla %4.23 ve %1.28; pH ve titrasyon asitliği değerleri ise 6.66 ve %0.226 olarak belirlenmiştir.

Temiz ve Yeşilsu (51) pekmez ilavesinin dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, kontrol grubu sade dondurmaların ortalama kurumaddesini %31.20, yağı %10.00, proteini %4.19, külü %0.82, pH'yı 6.72, titrasyon asitliğini %0.230 (LA) ve toplam şekeri %15.30 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada kontrol grubu sade dondurmaların hacim artış değeri %30.00 ve renk parametrelerinden L\*, a\*, b\* değerleri sırasıyla 89.50, -4.28 ve 17.77 bildirilmiştir.

Kesenkaş vd. (52) tarafından yapılan bir çalışmada kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım imkanı araştırılmıştır. Araştırmacılar bu çalışmada %100 inek sütü kullanılarak üretilen dondurmanın kuru madde değerini %28.94, yağ değerini %1.25, protein oranını %5.67, pH ve titrasyon asitliğini ise sırasıyla 6.19 ve %0.25 şeklinde tespit etmişlerdir. Aynı dondurma örneğinin hacim artış oranı, viskozite değerleri, sertlik ve yapışkanlık değerleri sırasıyla % 14.58, 122.0 cP, 1237.7 g, 13.55 mJ şeklinde saptanmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada kurutulmuş besni üzümü (*Vitis vinefera L.*) ile üretilmiş dondurmaların özellikleri incelenmiştir. Çalışmadaki üzüm ilavesiz sade kontrol grubu dondurmaların kuru madde, yağ, protein, kül ve pH değerleri sırasıyla %40.00, %6.90, %5.30, %1.00, 6.60 olarak rapor edilmiştir. Sade

dondurmaların renk değerlerinden L\* değeri 84.90, a\* değeri -3.00, b\* değeri 10.70 ve hacim genişlemesi %35 şeklinde tespit edilmiştir (53).

Bir diğer çalışmada çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) ilavesinin dondurmanın kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çakal eriği ilavesiz sade kontrol dondurmalarında kuru madde değeri %40.01, yağ oranı %6.90, protein değeri %5.29, kül değeri %1.02, pH değeri 6.60 ve titrasyon asitliği %0.170 (LA) olarak bildirilmiştir. Ayrıca sade dondurma örneklerinin renk parametrelerinden L\*, a\*, b\* değerleri ve hacim artış oranı sırasıyla; 84.89, -3.01, 10.70 ve %35.19 olarak kaydedilmiştir (54).

Atsan ve Çağlar (55) farklı çeşit ve oranda emülgatör kullanımının dondurmanın fiziksel ve duyu kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, herhangi bir ilave yapılmayan sadece ana bileşenleri içeren kontrol dondurmasının hacim artış değerini %25.26, ilk damlama süresini 58.97 dakika ve 120 dakika sonundaki % erime miktarını %33.01 olarak belirlemişlerdir.

Ürkek vd. (56) Chia tohumu ilave ettikleri dondurmaların fizikokimyasal ve duyu özelliklerini incelemişlerdir. Chia tohumu içermeyen sade kontrol grubu dondurmaların kurumadde, kül, yağ, protein, asitlik ve pH değerleri sırasıyla %22.36, %0.70, %3.10, %3.50, %0.176 ve 6.64 bulunmuştur. Kontrol grubu dondurmaların % hacim artış değeri ve ilk damlama süresi ise % 71.97 ve 30.5 dakika olarak saptanmıştır.

Şanlıdere Aloğlu vd. (57) yaptıkları çalışmada kocayemiş meyvesi ilave edilmiş dondurmaların fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmada kocayemiş katılmamış sade kontrol grubu örneklerin kurumadde değeri %40.82, kül oranı %0.40, yağ oranı %6.00, protein oranı %5.710 ve toplam şeker oranı %28.96 olarak tespit edilmiştir. Aynı örneklerin pH ve asitlik değerleri 6.18 ve 0.43 olarak kaydedilmiştir. Kontrol grubu dondurmalara ait hacim artış değeri ve ilk damlama süresi sırasıyla %14.45 ve 18.00 dakika; % inhibisyon oranı ise %25.22 şeklinde bildirilmiştir.

Demir (58) ayva çekirdeği ekstraktının dondurma üretimindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, ayva çekirdeği ekstraktı ilave edilmemiş kontrol örneklerinde sertlik değerini 303.9 g, esneklik değerini 0.532, dış yapışkanlık (adhesiveness) değerini 2.59 mJ, iç yapışkanlık (cohesiveness) değerini 0.193, sakızimsılık değerini 59.28 g, çiğnenebilirlik değerini 31.68 g olarak

belirlenmiştir. Aynı örneklerin toplam fenolik madde miktarı 20.74 mg GAE/100 g saptanmıştır.

Kurt ve Atalar (59) tarafından yapılan bir çalışmada ayva çekirdeğinin dondurmanın reolojik, yapısal ve duyuşsal özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar ayva çekirdeği ilave edilmemiş kontrol grubu dondurmaların hacim artış değerini %30.03; renk değerlerinden L\* değerini 85.44, a\* değerini -2.38, b\* değerini 10.42; ilk damlama süresini 37.13 dakika; sertlik değerini ise 171 g olarak bildirmişlerdir.

Pon vd. (60) stevia katkılı dondurmanın çeşitli özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, stevia ilavesi içermeyen kontrol grubu sade dondurmaların tekstürel özelliklerini; sertlik değeri 1139.26, esneklik değeri 0.89, çiğnenebilirlik değeri 46.62, iç yapışkanlık değeri 0.04, dış yapışkanlık değeri -207.11 şeklinde bulmuşlardır.

Yapılan bir çalışmada *Boswellia carterii* (Akgünlük) sakızının dondurmada stabilizatör olarak kullanım imkanı araştırılmıştır. Çalışmada salep ilaveli kontrol grubunun sertlik değeri 2752 N, dış yapışkanlık değeri -552 mj, iç yapışkanlık değeri 0.143, elastikiyet 0.914 mm ve sakızimsılık 394 N bulunmuştur. Aynı çalışmada karragenan ve ksantan ilaveli dondurma örneklerinin tekstür profil analiz sonuçlarında ise; sertlik değeri 3852 N, dış yapışkanlık değeri -352 mj, iç yapışkanlık değeri 0.229, elastikiyet 0.834 mm, sakızimsılık 882 N şeklinde bildirilmiştir (61).

Çubukçı (62) Erzurum piyasasından temin edilen vanilyalı, vişneli ve çikolatalı dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi incelenmiştir. Vanilyalı dondurma örneklerinin ortalama  $a_w$  değeri 0.95 ve pH değeri 6.39 bulunmuştur. Vanilyalı dondurma örneklerinin mikrobiyolojik değerlendirmesi sonucunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 4.45 log kob/g, psikrofil sayısı 4.89 log kob/g, Enterokok sayısı 3.20 log kob/g, *Enterobacteriaceae* sayısı 2.54 log kob/g olarak rapor edilmiştir. Aynı çalışmada hiçbir örnekte *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E.coli* ve *E.coli* O157:H7 bulunmadığı bildirilmiştir.

Aydın (63) Erzurum piyasasından aldığı 30 adet ambalajlı ve ambalajsız dondurma örneğini mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal yönden analiz etmiştir. Ambalajsız dondurmaların %kurumadde, ve pH değeri sırasıyla 24.80-44.30 ve 4.91-6.96; ambalajlı dondurmaların ise 34.73-55.39 ve 4.36-6.83 aralığında rapor edilmiştir. Mikrobiyolojik analizler neticesinde dondurma örneklerinde maya

sayısı <2.00-3.81, küf sayısı <2.00-2.59, enterekok sayısı <2.00-3.58, koliform bakteri sayısı <2.00-2.62 log kob/g bulunmuştur. Dondurma örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalama 3.72 log kob/g tespit edilmiştir. *E.coli* ambalajsız 8 örnekte 0.97-1.96 log EMS/g; *Staphylococcus aureus* 1 örnekte 2.29 log kob/g seviyesinde bildirilmiştir. Analiz edilen hiçbir örnekte *Salmonella* spp görülmemiştir.

Bir diğer çalışmada İstanbul'da tüketime sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi incelenmiştir. Toplamda 150 adet sade ve çilekli dondurmanın mikrobiyolojik analizi sonucunda toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalama  $1.5 \times 10^4$  kob/g ve *Enterobacteriaceae* sayısı  $3 \times 10^2$  kob/g tespit edilmiştir. Örneklerde *Salmonella* spp. bulunmamıştır fakat bir adet çilekli dondurmada *Listeria monocytogenes*'e rastlanmıştır (64).

Badayman (65) piyasadan topladığı 50 adet roma dondurma örneğinde yaptığı kimyasal ve mikrobiyolojik analizler sonucunda; örneklerin %asitlik, pH, %kurumadde ve yağsız kurumadde değerlerini sırasıyla 0.5-4.2, 5.12-7.03, 29.70 - 48.23 ve 26.07-43.03 arasında bildirmiştir. İncelenen dondurmaların toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalama 5.16 logkob/g tespit edilmiş ve standartlara uygun bulunmamıştır.

Meksika'nın farklı bölgelerinden elde edilen geleneksel, yarı endüstriyel ve endüstriyel yöntemle üretilmiş 25 farklı agave şurubunun özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, şurupların briks değerleri 70-76°Bx ve %nem değerleri %20.2-28.6 aralığında tespit edilmiştir (39).

Mellado-Mojica ve López (66) tarafından doğal tatlandırıcılardan agave şuruplarının tanımlanması, sınıflandırılması ve ayrımı üzerine yapılan bir çalışmada, agave şurubuna ait fizikokimyasal özelliklerden briks değeri 65-79.5°Bx aralığında bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada, Mavi agave şurubu (*Agave tequilana* Weber var. Azul) ile şeker kamışı şurubu ve balın özellikleri karşılaştırılmıştır. Toplamda 29 örneğin analiz edildiği çalışmada agave şurubunun ortalama briks ve nem değerleri sırasıyla: 76°Bx, ve %22 şeklinde bulunmuştur (45).

Stuckel ve Low (67) Kuzey Amerika'da üretilen 80 saf akçaağaç şurup örneğinin kimyasal bileşimini inceledikleri çalışmalarında, akçaağaç şuruplarının briks değerlerini 62.2-74.0 aralığında ve ortalama 67.0°Bx, %nem değerlerini ise %26.5 ile 39.4 aralığında ve ortalama %31.7 olarak tespit etmişlerdir.

Singh vd. (68) amber, koyu ve çok koyu olarak sınıflandırılan farklı derecelerdeki akçaağaç şuruplarının özelliklerinin varyasyon ve korelasyonunu belirleme üzerine bir araştırma yapmışlardır. 12 farklı üreticiden elden edilen 35 farklı akçaağaç şurup örneğinde yapılan analizlerde amber, koyu ve çok koyu şurupların briks değerleri sırasıyla 67.117, 67.415, 67.428°Bx bulunmuştur. Aynı çalışmada şurup rengi koyulaştıkça toplam fenolik madde, kalsiyum, fosfor ve toplam mineral madde, otofloresans ve antioksidan potansiyelinde önemli derecede artış görülmüştür. Sonuç olarak, daha koyu renkli şurupların daha faydalı özellikleriyle öne çıktığı bildirilmiştir.

Nimalaratne vd. (69) çalışmalarında, Nova Scotia ve Kuzey Amerika'dan temin edilen akçaağaç şurup örneklerini fizikokimyasal özellikleri ve bileşimlerinde meydana gelen mevsimsel değişiklikler yönünden incelemişlerdir. Bu amaçla Nova Scotia'dan sezonun erken (15 Mart-31 Mart), orta (1 Nisan-13 Nisan), geç (14 Nisan-23 Nisan) dönemlerinde 15 adet örnek toplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre şurupların pH, briks ve şeker içeriği dönemsel farklılıktan etkilenmemiştir. Diğer yandan sezon sonuna doğru şurup bileşimindeki toplam fenolik ve mineral madde miktarının artışı, fenolik madde kompozisyonundaki değişim ve şurup renginin koyulaşması dikkat çekmiştir. Araştırmacıların Kuzey Amerika'nın 8 farklı bölgesinden elde ettikleri 33 akçaağaç şurubunun fizikokimyasal analizi sonucu; şurubun pH, renk ve briks değerinin bölgeye bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Şurupların briks değerleri 61.6-70.2°Bx aralığında bildirilmiştir.

### **2.3 Dondurmada Şeker Kullanımı ve Dinlendirme Süresinin Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar**

Akalın vd. (70) çalışmalarında, dondurma üretim sürecindeki dinlendirme süresi ve depolama sıcaklığının dondurmanın bazı reolojik ve duyuşal özelliklerine etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar 4 ve 24 saat süre dinlendirilen dondurma mikslерinde, dinlendirme süresinin artışına paralel olarak overrun, viskozite ve sertlik değerlerinde yükselme tespit etmişlerdir ( $P<0.05$ ).

Diğer bir çalışmada Kahramanmaraş tipi dondurmalara farklı oranlarda (%20, 30, 40, 50) bal ve glikoz şurubu ilave edilmiş, ilave edilen miktar arttıkça örneklerin pH değerinin düştüğü ve asitliğinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Araştırmada ayrıca kontrol grubu (şeker ilaveli dondurma) ile bal ve glikoz şurubu ilaveli dondurmaların protein, yağ ve kurumadde değerleri arasında önemli

bir fark tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ). Örneklerin hacim artış değerleri, kontrol grubuna göre bal ilaveli dondurmalarda artış göstermiş ( $P<0.05$ ) ve bu artış bal oranının artmasıyla daha da yükselmiştir ( $P<0.05$ ); diğer yandan glikoz şurup ilavesi, örneklerin hacim artış değerinde azalmaya sebep olmuş ( $P>0.05$ ) ve glikoz şurup oranının artması hacim artış oranını daha fazla düşürmüştür ( $P<0.05$ ). Yapılan duyuşal değerlendirmeler sonucunda renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve koku özellikleri bakımından en beğenilen ve en yüksek toplam puanı alan örnekler kontrol grubu örnekleri olarak rapor edilmiştir (71).

Stevya şekerinin dondurmada kullanımını üzerine yapılan bir çalışmada; sakarozlu sade, sakarozlu kakaolu, stevyalı sade ve stevyalı kakaolu 4 grup dondurma üretilmiştir. Örneklerin ilk damlama süresi 1400 ile 3460 s; pH değerleri 6.50 ile 6.62 aralığında bulunmuştur. En uzun ilk damlama süresini ve en yüksek viskozite değerini kakao ve stevya katkılı dondurmalar vermiştir. Duyusal değerlendirmede de en beğenilen grup kakao ve stevyalı örnekler olmuştur (72).

Dondurmanın erime hızını ve sertliğini etkileyen faktörlerin incelendiği bir çalışmada; 3 tür şeker ve emülgatörle dondurma üretimi yapılmıştır. Erime hızı üzerinde etkili faktörler buz kristal büyüklüğü, yağ destabilizasyonu, miksin kıvam katsayısı olarak kaydedilirken; dondurmanın sertliği üzerinde ise hacim genişlemesi, buz kristal büyüklüğü ve içeriği, reolojik özellikler gibi pek çok faktör belirleyici olmuştur (73).

Yaşar ve Şahan (74) farklı oranlarda (%25 ve %50) bal ve pekmez katkılı Kahramanmaraş tipi dondurmaların fiziksel ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Bal ve pekmez ilavesi örneklerin pH, asitlik, viskozite, hacim artışı, ilk damlama değerlerini istatistiki bakımdan önemli derecede etkilemiştir. Ayrıca duyuşal parametrelerden renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve aroma, toplam puanlarda etkilenmiştir ( $P<0.01$ ). Elde edilen bulgular neticesinde fiziksel ve duyuşal nitelikler bakımından %25 bal ilaveli dondurmalar öne çıkmıştır.

Başka bir çalışmada şerbet tipi dondurmaların şeker içerikleri farklı oranlarda (%0, %35, %70, %100) akçaağaç şurubu ile değiştirilerek fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre akçaağaç şurup ilavesi toplam %kurumadde, %asitlik, %erime oranını, toplam şeker, viskozite, kül ve özgül ağırlık değerini önemli derecede etkilemiş ( $P<0.05$ ); % yağ değerini

ise değiştirmemiştir ( $P>0.05$ ) Duyusal bakımdan %100 akçaağaç şurup ilaveli şerbet örnekleri beğenilmiş, kontrol grubunun tadı ekşimsi bulunmuştur (75).

Yapılan bir çalışmada dondurma üretiminde akçaağaç şurubunun şeker ikamesi olarak kullanım imkanı ve dondurmanın çeşitli özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla dondurmalara farklı oranlarda (%0, 25, 50, 75) akçaağaç şurubu ilave edilmiş ve ilave edilen miktarın artmasıyla dondurma örneklerinin viskozite ve sertlik değerlerinde artma ( $P<0.05$ ); kurumadde, özgül ağırlık, hacim artışı, erime hızı değerlerinde azalma ( $P<0.05$ ) tespit edilmiştir. Araştırmacılar dondurma üretiminde akçaağaç şurubunun %50 oranında şeker ikamesi olarak kullanımının en uygun miktar olduğunu bildirmişlerdir (191).

Bir diğer çalışmada dondurma üretiminde yağ ve şeker ikamesi olarak farklı oranlarda (%0-3,0) agave fruktanlarının kullanımının dondurmanın duysal, termal ve tekstürel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %1,2'den daha az fruktan içeren dondurma örneklerinde buz kristallerinin miktar ve boyutuyla ilgili duysal niteliklerde iyileşme görülmüş; %1,2-3 oranında fruktan içeren dondurmalarda ise pürüzsüz, kremi ve akışkan tekstür özellikleri ile daha uzun erime süresi gözlemlenmiştir (192).

Dondurma retiminde tatlandırıcı kaynağı olarak mavi agave nektarının kullanıldığı bir çalışmada; nektar ilaveli dondurmaların erime hızları ve ortalama akış hızları kontrol dondurmalarıyla benzer, fakat tekstürel bakımdan daha yumuşak yapıda bulunmuşlardır. Ayrıca nektar ilaveli dondurmaların kontrol grubuna kıyasla daha sarı renkte olduğu tespit edilmiştir (193).

Karaman vd. (76) tarafından yapılan bir çalışmada farklı oranlarda hurma püresi (%8, %16, %24, %32, %40) içeren dondurmaların fizikokimyasal, duysal, biyoaktif ve tekstürel özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada, hurma püresi ilavesinin dondurma örneklerinde fenolik madde ve %inhibisyon değerini arttırdığı bildirmiştir. Bu analizlerde iki farklı çözücü kullanılmış ve genel anlamda aseton:su kombinasyonun metanol:su'ya göre daha başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, stevia ve akçaağaç şurubu kullanımının sütlü tatlıların fiziksel, kimyasal, duysal ve tekstürel özelliklerinde meydana getirdiği değişimler araştırılmıştır. Çalışmada tavuğgğs ve muallebi olarak 2 tür sütlü tatlı üretilmiş ve bunlardan bazıları sadece buğday unu bazıları ise buğday unu- nişasta karışımı ile üretilmiş ve 7 gün süresince depolama işlemine bırakılmıştır.

Depolama boyunca en yüksek ve en düşük kurumadde değerleri sırasıyla buğday unu kullanılarak hazırlanan sakaroz ve akęaaęaç şurup ilaveli tatlılarda saptanmıştır. Tekstür değerlerinden sıklık değeri en yüksek akęaaęaç şurup ilaveli örneklerde bulunmuştur. Bileşiminde stevia ve nişasta bulunan örneklerin L değeri ve viskozite değerleri yüksek bulunmuştur. Örneklerde depolama süresi boyunca serum ayrılması gözlenmemiştir. Yapılan duysal değerlendirme sonucunda en yüksek puanı sakaroz ilaveli örnekler almıştır ancak stevia ve akęaaęaç şurup ilaveli örneklerinde kabul edilebilir olduğu ifade edilmiştir (16).

Yapılan bir ęalıřmada hurma şurubu (%0, 20, 40, 60, 100 oranlarında) dondurma üretiminde şeker yerine kullanılmış ve dondurmaya etkileri gözlemlenmiştir. ęalıřmada hurma şurup oranının arttırılması, örneklerin % asitlik ve viskozite değerinin istatistiki bakımdan önemli derecede artmasına; diğer yandan pH, özgül ağırlık, overrun değerlerinin azalmasına neden olmuştur ( $P < 0.05$ ). Ayrıca şurup kullanılması dondurmaların erime oranını azaltmış fakat kullanılan şurup oranının arttırılmasıyla erime oranının yeniden arttığı belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Yapılan mikrobiyolojik analizlerde; tüm örneklerde toplam bakteri, psikrotrofik bakteri, maya ve küf sayıları pastörizasyon etkisiyle azalmış ancak dinlendirme işleminden sonra artış göstermiştir. Sonuç olarak, araştırmacılar % 60'a kadar hurma şurubunun şeker yerine kullanılmasını tavsiye etmişlerdir (77).

Bir diğer ęalıřmada düşük kalorili dondurma üretiminde stevia ürünün dondurmanın fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerine etkisi gözlemlenmiştir. Araştırmacılar tatlandırıcı olarak sakaroz, stevia, aspartam veya aspartam+asesülfam içeren dondurmaları üreterek 6 ay boyunca  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza etmişler ve 30 gün arayla analizlerini yapmışlardır. Elde edilen bulgulara göre kullanılan tatlandırıcılar dondurmanın kurumadde, yağ, protein, toplam şeker, toplam kalori, viskozite, sertlik değeri, hacim artışı, ilk damlama ve erime süresi, duysal özelliklerini önemli derecede etkilemiştir ( $P < 0,05$ ). Bunun yanı sıra, stevia katkılı dondurmaların kalori değerleri düşük ve duysal değerlendirmeleri de olumlu yönde olmuştur (78).

Arslaner ve Salık (79) tarafından yapılan bir ęalıřmada düşük kalorili dondurma üretmek amacıyla şeker ikame edici olarak kuru dut tozu, yağ ikamesi olarak ise ceviz ezmesi kullanılmıştır. Dondurma bileşiminde kuru dut ve ceviz ezmesinin yer alması ürünün kurumadde, protein, kül ve hacim artış oranını

arttırken kalori değerini de dūşürmüştür. Ayrıca örnekler duyuşal parametreler bakımından yeterli bulunmuş ve mikrobiyolojik açıdan güvenilir bulunmuştur.

#### **2.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisi ve Özellikleri**

Günümüzde yaygın şekilde özellikle süt ve ürünlerinde kullanılan ısı temelli geleneksel muhafaza yöntemleri gıdada istenmeyen kalite kayıplarına sebebiyet vermektedir. Renkte ve tatta değişmeler, besin değerinde kayıplar bu olumsuzluklardan bazılarıdır. Öyle ki ısı işlem uygulamasının sütün B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> ve C vitaminlerinde meydana getirdiği kayıplar sırasıyla pastörizasyon işlemi için %10, %0-5, %10 ve %5-15, UHT-sterilizasyon işlemi için %5-15, %10, %10-20, %10-20, klasik sterilizasyonda ise %30-40, %10-20, %80-100, %30-50 değerlerine kadar ulaşmaktadır (80). Ancak gıdanın güvenilirliğini sağlamak ve ürüne belirli bir raf ömrü kazandırmak için muhakkak bir işlem uygulanmalıdır. Bu noktada ısı işlem alternatif yöntemlerin arayışına girilmiş ve UV, ultrason, mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma, darbeli ışık, yüksek basınçlı karbon dioksit, ozon gibi pek çok yeni yöntem üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yüksek hidrostatik basınç da bunlardan biridir (30,81,82). Isıl işlem kaynaklı kayıpları azaltmaya yönelik olarak geliştirilen teknolojilerden yüksek hidrostatik basınç, doğrudan veya dolaylı şekilde uygulanan basınç etkisiyle hücre yapısı ve organellerini etkileyerek mikroorganizmaların yıkımlanması ile sonuçlanan süreçle gıdanın güvenilirliğini sağlarken aynı zamanda yalnızca basınca hassas moleküler bağları (hidrojen, iyonik, hidrofobik) etkileyerek gıdanın kalite özelliklerini taşıyan birincil yapıdaki bileşenleri koruyabilen yenilikçi yöntemlerdendir (30).

Yüksek basınç sistemi çelik kap, sıcaklık kontrol cihazı, yükleme-taşıma alanı ve basıncın oluşturulduğu bölümden meydana gelmektedir (30,83,84). Burada uygulanan basınç doğrudan bir piston vasıtasıyla örneğin bulunduğu kaba veya dolaylı olarak örneği çevreleyen sıvı ortama uygulanabilir (83,85). Uygulama örneği katı veya sıvı; ambalajlı veya ambalajsız olabilir (81,86,87). Basıncı ileten ortam ise gaz ve yağ da olabilmekle birlikte çoğunlukla su tercih edilmektedir (81,88).

Yüksek basıncın etkinliği pek çok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Bu etmenler mikroorganizmanın türü, gelişme fazı, morfolojisi, vejetatif veya sporlu yapıda olması gibi mikroorganizmaya bağlı faktörler; gıdanın pH değeri, su aktivitesi, besin maddesi bileşimi gibi ortama bağlı faktörler ve sıcaklık, basınç, uygulama süresi gibi işlem koşullarına bağlı olan faktörler olarak üç başlık altında

toplanabilir (30,82,89–92). Genel anlamda yüksek basınç uygulamasına ökaryotik hücrelerin prokaryotik hücrelerden; bakterilerin maya ve küflerden; gram pozitiflerin gram negatif bakterilerden; sporların vejetatif formlardan; durağan fazdaki bakterilerin logaritmik artış veya ölüm evresindekilerden daha dayanıklı olduğu söylenebilir (30,82,89–91,93–95). Gıdanın bileşimindeki organik madde zenginliği mikroorganizmanın basınca karşı sağ kalım oranını olumlu yönde etkilerken, buna karşı gıdanın düşük pH değeri basıncın mikroorganizma üzerindeki etkinliğini arttırmaktadır (30). Bunların haricinde redoks potansiyeli bakteriyosin ilavesi gibi diğer faktörlerinde işlemin başarısında etkili olduğu ifade edilebilir (96).

#### **2.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisinin Süt Bileşenleri ve Süt Ürünleri Üzerindeki Etkileri**

Yüksek basınç uygulamasının hidrojen, iyonik ve hidrofobik bağlı ikincil, üçüncül ve dördüncül yapıdaki gıda bileşenlerini etkilediği bilinmektedir (30,97,98). Süt proteinlerinden kazeinler dördüncül yapıları sebebiyle basınçtan etkilenen bileşenlerdir (97,99). Basınç etkisiyle kazein parçalanarak alt misellerine ayrılmaktadır. Düşük basınçlarda fazla bir değişiklik oluşturmayan etki (97,100–102); 400 MPa gibi daha yüksek basınçlarda miselin alt formlarına kadar ayrışmasına sebep olmaktadır (97,103). Basınca en hassas kazein fraksiyonu  $\beta$ -kazeindir. Daha sonra sırasıyla k-kazein,  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  kazeinler gelmektedir (97,104,105). Serum proteinlerinden  $\beta$ -laktoglobulin ise 100 MPa basınçta dahi denatüre olacak kadar basınca duyarlıdır (97,106–108). Öte yandan diğer serum proteinleri ( $\alpha$ -laktalbumin, serum albümini)  $\beta$ -laktoglobuline göre basınca daha yüksek dayanım göstermektedir (97,107,108). Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının süt mineralleri üzerindeki etkisi iyon haldeki kalsiyum ve serumdaki çözülmüş kalsiyum, magnezyum, fosfat miktarını arttırması yönündedir. Basınç uygulamasıyla birlikte bu minerallerde gerçekleşen değişimler sütün pH değerinin de artmasına yol açmaktadır (97,108–110). 800 MPa'a kadar uygulanan basınç işleminin süt yağının globül membranına zarar verici bir etkisi görülmemiştir (111–113). Ancak yağın erime niteliğini etkilemektedir. Basınç uygulamasının yağın erime noktasını arttırması neticesinde süt yağının kristalizasyon özelliği de gelişmektedir (82,97,111,114). Ayrıca 400 MPa'ın üzerindeki basınçlarda süt yağının globül çapında artış gözlenmiştir (111,112). Süt teknolojisi için önemli olan enzimlerin genel anlamda yüksek basınca

dayanıklı oldukları söylenebilir (97,115). Sütte pastörizasyon yeterliliğinin belirteci enzim alkalın fosfatazın (80) 600 MPa'da 10 dakikada yarısı; 800 MPa basınç ve 8 dakikalık işlem süresi ile tamamı inaktive olmaktadır (111,116,117). Pastörizasyon sıcaklığının aşılmadığının göstergesi enzim laktoperoksidaz ve sütün raf ömrü ve duyu kalitesi için önemli enzimlerden lipaz (80) 400 MPa basınca dirençlidir (111,115,116,118,119). Isıl işlem etkisiyle süt şekeri laktozda oluşan maillard ve izomerizasyon tepkimeleri, yüksek hidrostatik basınç işleminde çok hafif gerçekleşmekte (600 MPa) (116,120) veya gerçekleşmemektedir (400 MPa) (117,121). Basınç etkisiyle kazein miselleri ve yağ globüllerinde meydana gelen değişimlerin bir sonucu olarak sütün renk parametrelerinden L\* (parlaklık/+beyazlık, -siyahlık) değeri genellikle azalma gösterir (122–124). Bilindiği gibi ışığın kazein miselleri ve yağ globüllerinden yansması sonucu süt beyaz renkli görünmektedir (80). Fakat basıncın bu taneciklerde oluşturduğu etki, saçılımı olumsuz etkileyerek sütün daha koyu renkli görünmesine sebep olmaktadır (122–124). L değeri basınçtan doğrudan etkilenmesine rağmen a (+kırmızılık, -yeşillik) ve b (+sarıklık, -mavilik) değerleri sütün türüne, içeriğindeki yağ ve b-karoten içeriğine, çalışmaya göre farklılık göstermektedir (116,125). Bu nedenle bu değerler, işlem koşulları haricinde farklı parametrelerin etkisi altında da bulunduğu için değişkenlik göstermektedir.

Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının süt proteinleri üzerinde oluşturduğu etki, karakteristik yoğurt pıhtısının oluşması için gereken kazein destabilizasyonu ve serum proteinlerinin denatürasyonunu sağlamakta ve bu interaksiyon sonucu; agregasyon için gereken pH değeri yükselmekte, sinerazis azalmakta, yoğurtta daha sıkı bir yapı oluşumu sağlanmaktadır (97,110,126–131). Benzer şekilde basınç uygulaması peynirin fiziksel ve teknolojik özelliklerini de olumlu yönde etkilemektedir. Basınç uygulamasının peynirin rennet koagülasyon süresini kısalttığı, pıhtı oluşumunu hızlandırdığı, pıhtı kalitesini iyileştirdiği, olgunlaşma süresini kısalttığı ve peynirin randımanını arttırıcı etki gösterdiği bildirilmiştir (93,97,110,128,132,133). Çeşitli süt ürünlerinde yüksek basıncın etkisi açık bir şekilde ortaya konmuş olsa da dondurmada yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır ve halen gelişmeye açık bir alandır. Literatürde süt ve dondurma üzerine yapılan çalışmalar şu şekildedir:

## 2.4.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Huppertz vd. (134) yaptıkları çalışmada, dondurma miksine 200 ile 500 MPa ve 0 ile 20 dakika aralıklarında değişen parametrelerde yüksek hidrostatik basınç uygulamışlar ve yüksek basıncın dondurma üretimindeki etkisini gözlemlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar basınç ve uygulama süresinin artışına paralel olarak miks viskozitesinin arttığını bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca %2-%6-%10 yağ, %10-%14-%18 şeker ve %9-%12-%15 süt yağsız kuru madde içeriğine sahip farklı bileşimdeki dondurma miksleri, 400 MPa'da 5 dakika yüksek basınç işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre miks bileşimindeki yağ, yağsız kuru madde, şeker miktarındaki artış viskoziteyi olumlu etkilemiştir. Yüksek basınç uygulamasının dondurmaların erime dirençlerinde artış meydana getirdiği, fakat yağ globül boyutunu etkilemediği bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada düşük yağlı dondurmanın yapısal ve tekstürel özellikleri üzerine yüksek hidrostatik basınç uygulanmış peyniraltı suyu protein konsantrisinin (WPC) etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda düşük yağlı dondurma karışımları; Washington Eyalet Üniversitesi kremasından elde edilen peyniraltı suyunun ultrafiltrasyonu ile üretilen WSU-WPC, 300 MPa/15 dakika yüksek hidrostatik basınç uygulamasına tabi tutulmuş WSU-WPC veya ticari peyniraltı suyu protein konsantrisi 35 (WPC 35) içerecek şekilde üç farklı gruptan hazırlanmıştır. Çalışmada, yüksek basınçlı WSU-WPC içerikli dondurmaların sertlik değeri ve viskozitesi diğer gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Aynı zamanda daha yüksek hacim genişlemesine sahip ve daha fazla köpük stabilitesi gösteren örnekler de yine yüksek basınçlı WSU-WPC bileşimli dondurmalar olmuştur (135).

Clark vd. (136) tarafından yapılan bir çalışmada dondurma miksine stabilizatör ilavesinin, yüksek hidrostatik basınç uygulamasının ve miksi farklı olgunlaştırma sürelerinde işlenmenin dondurmanın bazı özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda dondurma miksleri stabilizatörlü ve stabilizatörsüz olarak iki ana grupta hazırlanmış ve her iki grupta 1, 4 ve 8 saat dinlendirme işlemine bırakılmıştır. Dinlendirme süreci sonunda tüm örnekler 0, 100 ve 300 MPa'da 30 saniye yüksek hidrostatik basınca maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre stabilizatör ilaveli dondurmaların hacim artış ve viskozite değerleri stabilizatör ilavesizlere göre oldukça yüksek bulunmuş; ayrıca 300 MPa basınç

uygulamasının örneklerinin viskozite değerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Stabilizatör ilaveli dondurmalar yapı ve kitle özellikleri bakımından daha iyi sonuç vermiştir. Duyusal değerlendirmede stabilizatör ilaveli dondurma daha az soğuk, ufalanır, ağır ve kaba algılanmış; aynı zamanda daha yağlı, yapışkan ve kabarık bulunmuştur. Yüksek basınç uygulamasının dondurmanın hacim artışı, mikro yapısı ve duyusal özellikleri üzerinde fazla bir etkisi gözlenmemiştir. Araştırmada yüksek hidrostatik basınç uygulamasına kıyasla stabilizatör ilavesinin dondurmanın özelliklerini daha çok etkileyen bir faktör olduğu ortaya konmuştur.

Köker (137) tarafından eşek sütüne yüksek hidrostatik basınç ve ısıtma işlem uygulamasının sütün fizikokimyasal ve reolojik özellikleri, mikrobiyal yükü ve raf ömründe meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Depolama sürecinden önce (0.gün) elde edilen bulgulara göre; yüksek basınç uygulanmış (400 MPa/5 dakika), ısıtma işlem uygulanmış (75°C/2dakika) ve işlem uygulanmamış eşek sütünün %kurumadde miktarı, %yağ oranı, %toplam protein oranı, pH ve %asitlik değerlerindeki değişim istatistiksel bakımdan önemsizdir ( $P>0.05$ ). Depolama sırasında ise pH değerinde azalma, % asitlikte yükselme gözlenmiştir. Yüksek basınçlı sütlerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değeri diğer iki gruba kıyasla daha düşük bulunmuş ve depolama sırasında tüm örneklerin  $L$  değerinde azalma görülmüştür. Basınç uygulamasının artışına (200, 400, 500 MPa) paralel olarak mikrobiyal yük, lizozim ve laktoferrin miktarında  $P<0.05$  önem seviyesinde bir düşüş tespit edilmiştir. Araştırmada 4°C’de muhafaza edilen örneklerde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı çiğ sütte 7 günde 5.82 log CFU/mL’ye ulaşmış, öte yandan yüksek basınç ve ısıtma işlem uygulanan örnekler 5 log CFU/mL seviyesini 21 günde aşmıştır. Yüksek basınç uygulaması düşük değerli protein kaybı ve raf ömrü sağlamada daha avantajlı görüldüğü için ısıtma işleme nazaran eşek sütünü işlemede daha uygun bir teknoloji olarak değerlendirilmiştir.

Bir diğer çalışmada yüksek hidrostatik basıncın sütün bazı fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmış, bu doğrultuda süt 10 ve 20 dakika süresince 110 ile 440 MPa basınçlara tabi tutulmuştur. Araştırmacılar, 440 MPa’a kadar basınç uygulamasının UHT yağlı, UHT yarım yağlı ve tam yağlı çiğ sütün pH değerini hafif bir şekilde arttırdığını; UHT yağsız sütün pH değerini ise uygulama süresi ve basınca bağlı olarak arttırıp azaltabildiğini ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmuştur ( $P>0.05$ ). Ayrıca

basınç uygulama süresinin uzamasıyla örneklerin çoğunda benzer şekilde pH değerinin yükseldiği rapor edilmiştir. İlâveten, basınç artışının (çoğunluğunda 330 MPa'ya kadar) örneklerin bulanıklığını azalttığı da bildirilmiştir (138).

Yapılan bir çalışmada yüksek hidrostatik basınç (300 MPa'da 3 dakika), ultrasound veya mikrofluidizer uygulanmış peyniraltı suyu ekmek üretiminde kullanılmış ve ekmeğin tekstür, renk ve bazı kalite özellikleri üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Çalışmada, ekmeklere yüksek hidrostatik basınç uygulanmış peyniraltı suyu katılmasının ekmeklerin sertlik değerlerini ve duyusal tercihleri olumlu; renk değerlerini ise olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (139).

Fonksiyonel peyniraltı suyu içeceği üretiminde yüksek hidrostatik basınç uygulamasının etkilerinin izlendiği bir çalışmada, stanol ilave edilen ve edilmeyen peyniraltı suyu örneklerinin bir bölümüne 5 dakika süresince 200, 400 ve 600 MPa yüksek basınç uygulanmış, diğer bölümüne ise 85 °C'de 15 dakika ısı uygulanmış ve tüm örneklerin depolama süreci boyunca çeşitli özellikleri takip edilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde örneklerin pH, titrasyon asitliği, su aktivitesi, renk parametreleri (L,a,b),  $\Delta E$  ve Hue değeri için depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Ancak ısı işlem uygulanmış peyniraltı suyu örneklerinin viskozite ve partikül büyüklüğünde anlamlı derecede farklılıkların göze çaptığı bildirilmiştir ( $P<0.05$ ). Ayrıca örneklerin FT-IR profilinde basınç uygulamasının veya depolamanın bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Duyusal değerlendirmede genel anlamda örnekler yakın bulunmuştur ve depolama sonunda ısı ile muamele edilen ve 200 MPa basınç uygulanan örnekler daha az tercih edilen örnekler olarak tespit edilmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacı, peyniraltı suyu içeceğinin yüksek hidrostatik basınç veya ısı işlem uygulamasıyla, 4 °C de muhafaza edilerek raf ömrünün 35 güne çıkarılabileceğini ortaya koymuştur (81).

Gervilla vd. (122) araştırmalarında koyun sütüne 100-500 MPa aralığında basınç ve farklı işlem sıcaklıkları (4, 25 ve 50 °C) uygulayarak yüksek hidrostatik basınç işleminin koyun sütünün renk değerleri ve yağ globülü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre basınç artışıyla birlikte L\* değerinde azalma, -a\* (yeşillik) ve +b\* (sarılık) değerinde ise artış tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Çalışmada, süt yağ globülleri yüksek basınç sırasında uygulanan farklı işlem sıcaklıklarından doğrudan etkilenmiş bunun sonucunda 25 ve 50 °C'lik işlem sıcaklıkları 1-2  $\mu\text{m}$  çapındaki globülleri arttırırken, 2-10  $\mu\text{m}$  çapındaki daha büyük yağ globüllerinin sayısını azaltmıştır. 4 °C'de uygulanan işlemde ise bunun tersi

bir etki görüldüğü bildirilmiştir. Öte yandan 4 ve 50 °C’de uygulanan yüksek basınç işleminin, sütün bileşimindeki serbest yağ asidi miktarının azalmasını sağladığı görülmüştür.

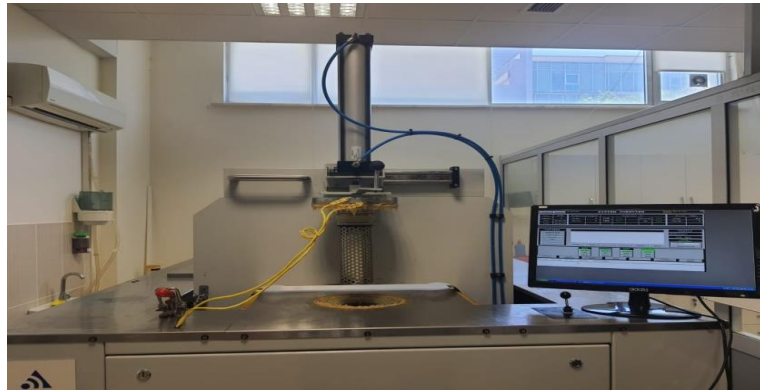
Kielczewska vd. (124) yüksek hidrostatik basınç ve depolama sürecinin keçi sütünün özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada keçi sütlerine 200-500 MPa basınç uygulanmış ve 14 gün boyunca depolamaya bırakılmıştır. Basınç uygulanmayan ve 500 MPa basınç uygulanan 0. gün örnekleri karşılaştırıldığında L ve b değeri düşüş göstermiş ( $P<0.05$ ); a değerindeki değişim ise istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Diğer yandan depolama süresi kontrol örnekleri ile basınçlı örnekler arasındaki renk farklılığını azaltmıştır. Basınç uygulamasının emülsiyon fazdaki partikül boyutunu arttırdığı ve depolama süreci boyunca artan partikül boyutları arasındaki farkı azalttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yüksek basınç uygulamasının yağ asidi bileşiminde sadece dallı zincirli yağ asitlerinde artış meydana getirdiği ortaya konmuştur ( $P<0.05$ ). Basınç işlemine tabi tutulmuş örnekler depolama sürecinde yağ asit oranını korumuş, öte yandan basınç uygulanmayan örneklerin doymuş yağ asidi miktarında yükselme ( $P>0.05$ ) ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğinde azalma kaydedilmiştir.

Yüksek basınç uygulanmış çiğ sütün raf ömrü, güvenilirlik ve kalitesinin araştırıldığı bir başka çalışmada, süt 400 ila 600 MPa aralığında basınçlara 1 ila 5 dakika süresince tutulmuş ve patojen inaktivasyonu açısından en etkili yüksek basınç normu 600 MPa’da 3 dakika olarak belirlenmiştir. Ardından depolama süresince basıncın sütün rengi, raf ömrü ve partikül boyutu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla belirlenen ideal basınç uygulanarak, basınç uygulanmamış çiğ ve pastörize sütle karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre yüksek basınç uygulanan örneğin L\* değeri çiğ süt ve pastörize süte göre düşük; b değeri ise çiğ ve pastörize süt örneklerinden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ayrıca basınç uygulanmamış çiğ sütün a değeri, yüksek basınçlı ve ısıl işlem uygulanmış örneklerden önemli derecede farklı olduğu rapor edilmiştir ( $P<0.05$ ). Isıl işlem görmüş süte kıyasla basınç uygulanan örnekler, renk değerleri ve yağ-kazein partikül boyutları itibarıyla çiğ süte daha yakın sonuçlar vermiştir. Araştırmacılar, yüksek basınç teknolojisinin ürünün mikrobiyolojik güvenlik ve raf ömrünü sütün orijinal kalite özelliklerine yakın özelliklerle sağladığı sonucuna varmışlardır (123).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Sade dondurma örnekleri üretiminde kullanılan yağ kaynağı inek sütü kreması olmuştur. İnek sütü kreması homojenize halde piyasadan satın alınmıştır (Danone Tikveşli Gıda ve İçecek San. ve Tic. A.Ş., Türkiye). Süt yağsız kuru maddesi olarak inek sütünden elde edilmiş yağsız süt tozu kullanılmıştır. Süttozu piyasadan satın alınmıştır (Özgüllü Süt Mamülleri Ltd. Şti., Türkiye). Şeker kaynağı olarak kontrol grubunda Sakaroz (Keskinkılıç Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., Türkiye), diğer örneklerde Akçaağaç (64,6g/100g şeker - 68,5°Bx, Özmer Pastacılık ve İçecek Ürünleri San. Paz. Turizm ve Dış Ticaret A.Ş., Türkiye) ve Agave şurubu (73g/100g şeker – 75,5°Bx, Nutriagaves de México S.A. de C.V., Meksika) kullanılmıştır. Stabilizatör [Guar Gam (%50), Ksantan Gam (%50), Smart Kimya Tic. ve Dan. Ltd. Şti., Türkiye] ve Emülgatör (Gliserol Mono Stearat, Smart Kimya Tic. ve Dan. Ltd. Şti., Türkiye) karışımları da piyasadan hazır olarak satın alınmıştır. Laboratuvarda yapılan hammadde analizlerinde yağsız süttozunun kurumadde değeri %95.48, kremanın yağsız kurumadde değeri %2.92 ve yağ oranı %35, stabilizatör ve emülgatör maddelerin kurumadde değerleri sırasıyla %89.90 ve %99.51, agave ve akçaağaç şuruplarının toplam çözünür katı madde değerleri 77°Bx ve 68.5°Bx olarak bulunmuştur. Yüksek hidrostatik basınç uygulaması için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Avure marka pilot ölçekli yüksek hidrostatik basınç sisteminden (Fotoğraf 3.1) hizmet alımı yolu ile yararlanılmıştır.



**Fotoğraf 3.1.** Yüksek hidrostatik basınç cihazı

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Dondurma Üretimi

Dondurma örneklerinin üretiminde sade dondurma reçetesi esas alınmıştır (9). Dondurma örnekleri üretiminde genel olarak aşağıdaki aşamalar dikkate alınmıştır.

Öncelikle kullanılan hammadde özelliklerine göre dondurma miksi hesapları yapılmıştır. Hesaplama işleminden sonra her bir maddenin ayrı ayrı tartımları yapılmıştır. Tartılan bu maddelerden önce su ve sıvı krema, ardından bir kısmı stabilizatör-emülgatörle karıştırılarak şeker ve en son 39 °C'de yağsız süttozu sırasıyla ilave edilmiş bu işlemler boyunca karıştırma işlemi sürdürülmüştür. Yağsız süttozu ilavesinden sonra karışımdaki topaklanmayı önlemek amacıyla karışım 3 dakika boyunca blenderdan (Kiwi Çubuk Blender, 300 watt, P.R.C.) geçirilmiştir. Ardından tekrar ocağa alınan karışım 50-60°C'de etkin bir karıştırma işlemine tabi tutulmuş akabinde 72-74°C'de 10 dakika pastörize edilmiştir. Agave ve akçaağaç şurup ilaveli dondurmalarda ise tüm işlemler aynı şekilde yapılmış sadece şeker yerine ilave edilecek şuruplar sıvı maddelerle birlikte katılmıştır. Pastörizasyon işleminden sonra uygun kaplara alınan karışımlar 3-4 °C'de ortalama 20 saat boyunca buzdolabında dinlendirme işlemine bırakılmıştır. Dondurma karışımından bu aşamada örnek alınarak karışım için gerekli analizler (ilgili bölümde belirtilmiştir) yapılmıştır. Bu süre sonunda her bir karışıma, dikey dondurma makinesinde (Uğur L16, 2 düz gözlü) -9 °C'de 12 dakikalık dondurma işlemi uygulanmıştır (Fotoğraf 3.2). Daha sonra elde edilen dondurmalar hızla kaplara doldurularak -40 °C'deki derin dondurucuda (Haier, DW-40L262) sertleştirilmiş ve bu derecede bir hafta depolanmıştır. Dondurma örneklerine uygulanacak testler depolama esnasında yapılmıştır (3).



**Fotoğraf 3.2.** Dondurma makinesi

### 3.2.2 Dondurma Üretim Aşamaları

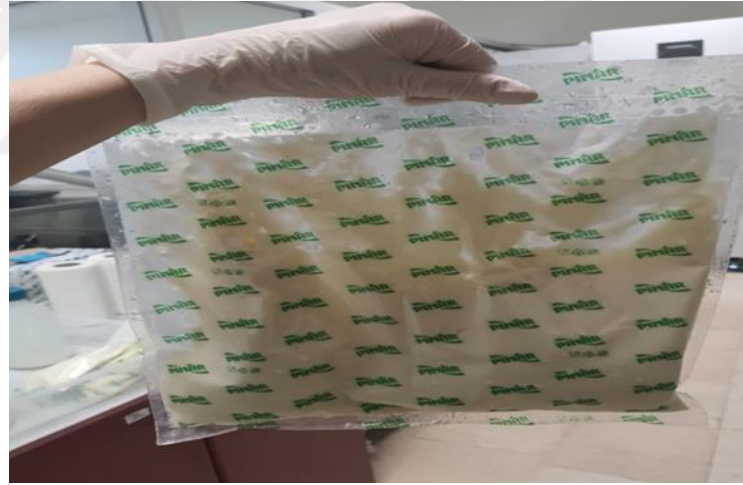
Dondurma örnekleri üç aşamalı olarak üretilmiştir. Çalışmada önce birinci aşama, daha sonra ikinci aşama ve son olarak ta üçüncü aşama örnekleri üretilmiş ve analizleri yapılmıştır. Her aşamada iki tekerrürlü üretim yapılmıştır.

Birinci aşamada; dondurma örnekleri üretiminde en ideal düşük sakaroz oranlı, Akçaağaç ve Agave şurup oranları tespit edilmiştir. Bu amaçla üretilen her örnek için yağ (%10), süt yağsız kuru maddesi (SYKM) %11.5, stabilizatör ve emülgatör (SE) (%0.3) oranları sabit tutulmuştur. Şeker oranları ise %6, 8, 10, 12 ve 15 olarak dikkate alınmıştır. Bu aşamada sadece duyu analizler yapılarak kabul edilebilir oranda en düşük şeker oranı belirlenmiştir. Çalışmada önce sakaroz ilaveli dondurma (SD) üretilmiş ve panelistlere sunulmuştur. Kontrol grubu (KD) olarak %15 sakaroz (9) ilaveli dondurma dikkate alınmıştır. Panelistlerden kontrole göre, tercih edebileceği en düşük sakaroz ilaveli örneğin hangisi olduğu sorulmuştur. Aynı testler Agave (AGD) ve Akçaağaç şurup ilaveli (AKD) dondurmalar için de yapılmıştır. Böylece her üç şeker kaynağının panelistler tarafından tercih edilebilecek en ideal düşük şeker oranı tespit edilmiştir. Piyasadan alınan Agave ve Akçaağaç şurupları için önce sakaroz eşdeğeri (şurupların briks dereceleri dikkate alınarak) çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra bu çözeltiden %6, 8, 10,12 ve 15 (kontrol) oranlarında dondurmaya katılarak testleri yapılmıştır. En ideal düşük şeker (sakaroz), Akçaağaç ve Agave şurubu oranlarını içeren dondurma örnekleri ve özellikleri tespit edildikten sonra, ikinci aşamaya geçilmiştir.

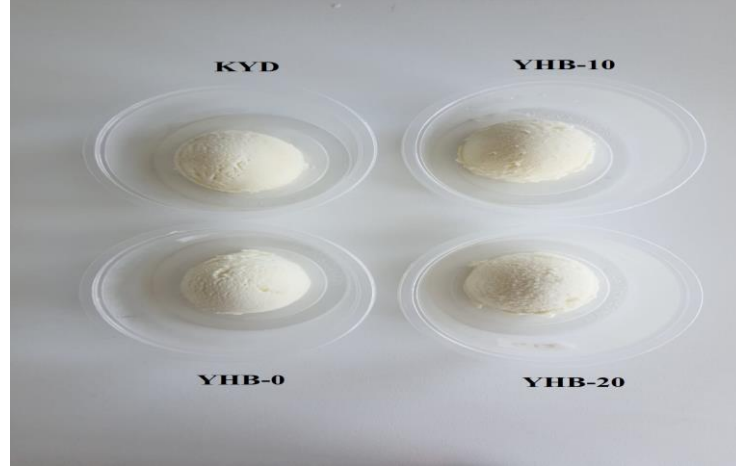
İkinci aşamada; en ideal sakaroz, Akçaağaç ve Agave şurup oranlarını içeren dondurmalar üretilmiş ve özellikleri karşılaştırılmıştır. Üretimde yağ oranı %10, süt yağsız kuru madde oranı (SYKM) %11.5 ve stabilize/emülsifiye madde oranı da %0.3 olacak şekilde sabit tutulmuştur. Bu aşamada hammadde analizleri, miks analizleri ve dondurma analizleri (mikrobiyolojik analizler hariç) yapılmıştır. Duyusal özellikler ile diğer analiz edilen özellikler dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda en iyi değerlere sahip dondurma örneğine yüksek basınç uygulaması yapılmıştır.

Üçüncü aşamada; ikinci aşamada duyu ve diğer özellikleri bakımından en beğenilen dondurmaya yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulanmıştır. Bu amaçla önce dondurma karışımı hazırlanarak 4 kısma ayrılmıştır. Birinci kısım klasik yöntemle dondurmaya işlenmiştir. Bu amaçla hazırlanan miks  $75\pm 2$  °C'de

10 dk. pastörize edilmiş ve 4 °C'de 20 saat dinlendirildikten sonra -9 °C'de dondurulmuş ve -40 °C'de sertleştirilmiştir (kontrol örneği). İkinci kısım, pastörize edilmiş (75±2 °C'de 10 dk.) ve YHB uygulanmış (500 mPa, 20 dk.), ancak dinlendirme yapılmadan dondurulmuş (-9 °C) ve sertleştirilmiştir (-40 °C) (dinlendirme kontrolü). Üçüncü kısım, pastörize edilmiş (75±2 °C'de 10 dk.), YHB uygulanmış (500 mPa, 20 dk.) ve 4 °C'de 10 saat dinlendirilerek dondurulmuş (-9 °C) ve sertleştirilmiştir (-40 °C). Dördüncü kısım pastörize edilmiş (75±2 °C'de 10 dak.), YHB uygulanmış (500 mPa, 20 dk.) ve 4 °C'de 20 saat dinlendirilerek dondurulmuş (-9 °C) ve sertleştirilmiştir (-40 °C). Yüksek basınç uygulamaları esnasında örnek sıcaklıkları kaydedilmiştir. Üretilen 4 örneğin miks analizleri için dondurma yapmadan önce örnek alınmıştır. Üretimler tekerürlü yapılmıştır. Fotoğraf 3.3'de yüksek hidrostatik basınç uygulanmış dondurma miksi ve Fotoğraf 3.4'te yüksek hidrostatik basınç uygulanarak üretilen dondurma örnekleri görülmektedir.



**Fotoğraf 3.3.** Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış dondurma miksi



**Fotoğraf 3.4.**Üçüncü aşamada üretilen dondurma örnekleri; KYD: klasik yöntem dondurma, YHB-0: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/10 saat dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: yüksek hidrostatik basınç uygulanmış/20 saat dinlendirilmiş dondurma

### **3.2.3 Hammaddelerin Kimyasal Analizleri**

#### **3.2.3.1 Süttozu (Yağsız) Analizleri**

##### **3.2.3.1.1 Toplam Kurumadde Tayini**

Süttozunda toplam kurumadde tayini Gürsel ve Karacabey (9)'e göre gravimetrik yöntem dikkate alınarak yapılmıştır.

##### **3.2.3.1.2 Rutubet Tayini**

Süttozunun rutubet değeri hesaplama yolu ile belirlenmiştir (9).

#### **3.2.3.2 Krema Analizleri**

##### **3.2.3.2.1 Yağ Tayini**

Kremada yağ tayini gerber metodu ile yapılmıştır (9).

##### **3.2.3.2.2 Toplam Kurumadde Tayini**

Kremada toplam kurumadde tayini Gürsel ve Karacabey (9)'e göre gravimetrik yöntemle analiz edilmiştir.

##### **3.2.3.2.3 Yağsız Kurumadde Tayini**

Kremanın yağsız kurumadde miktarı hesaplama yolu ile belirlenmiştir (9).

### **3.2.3.3 Akçaağaç ve Agave Şurubu Analizleri**

#### **3.2.3.3.1 Toplam Kurumadde Tayini**

Şuruplarda toplam kurumadde tayini Gürsel ve Karacabey (9)'e göre gravimetrik yöntem dikkate alınarak yapılmıştır.

#### **3.2.3.3.2 Toplam Şeker Tayini**

Şurupların bileşimindeki toplam şeker miktarları refraktometrik ölçümle saptanmıştır (140).

### **3.2.3.4 Stabilizatör ve Emülgatör Analizleri**

#### **3.2.3.4.1 Toplam Kuru Madde Tayini**

Stabilizatör ve emülgatörlerde toplam kurumadde tayini gravimetrik yöntemle göre yapılmıştır (9).

### **3.2.4 Dondurma Miksine Uygulanan Fiziksel ve Kimyasal Analizler**

#### **3.2.4.1 pH Tayini**

Dondurma mikslерinin pH değеrleri örnek sıcaklığı 20 ±1 °C'ye geldikten sonra el pH metresi (Hanna Instruments HI 83141, İtalya) kullanılarak belirlenmiştir (141).

#### **3.2.4.2 Titrasyon Asitliği Tayini**

Titrasyon asitliği analizi Arbuckle (142)'e göre titrimetrik yöntemle yapılmıştır (9,142).

#### **3.2.4.3 Toplam Kurumadde Tayini**

Dondurma mikslерinde toplam kurumadde tayini gravimetrik yöntemle göre yapılmıştır (143).

#### **3.2.4.4 Yağ Tayini**

Dondurma mikslерinin yağ tayini Gürsel ve Karacabey (9)'e göre gerber metodu esas alınarak yapılmıştır.

#### **3.2.4.5 Renk Tayini**

Renk tayin cihazı (CR400 Minolta, Japonya) kullanılarak dondurma mikslерinin renk değеrleri (L\*, a\* ve b\*) belirlenmiştir.

### 3.2.4.6 Viskozite Tayini

Dondurma karışımlarının viskozite ölçümleri viskozimetre cihazında (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) yapılmış olup, cihazdan 15 saniye aralıklarla alınan 9 ölçümün ortalaması şeklinde verilmiştir.

### 3.2.4.7 Protein Stabilitesi Tayini

9 adet deney tüpünün her birine 5 mL dondurma miksi koyulmuş üzerine 1 mL'den 9 mL'ye artan sıra ile etil alkol ve 9 mL'den 1 mL'ye azalan sırayla su eklenmiştir. Pıhtılaşmanın görüldüğü ilk tüp not edilmiş ve 2-3 mL zayıf, 4-5 mL orta, 6-7 mL iyi, 7 ve üzeri mükemmel şeklinde değerlendirilmiştir (9,142).

### 3.2.4.8 Özgül Ağırlık Tayini

Dondurma mikslerinin özgül ağırlığı aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (9,142,144).

$$\text{Özgül ağırlık} = \frac{100}{\frac{\%yağ}{0,93} + \frac{\%şeker+süt yağsız \text{ km.si}+stblzr \text{ km.si}}{1,601} + \frac{\%su}{1}} \quad (3.1)$$

### 3.2.4.9 Toplam Mezofilik Aerobik Mikroorganizma Sayımı

Mikslerin toplam mezofilik aerobik mikroorganizma (TMAB) analizleri Plate Count Agar (PCA) besiyerinde, yayma tekniği ile yapılmıştır (145).

## 3.2.5 Dondurmaya uygulanan Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Analizler

### 3.2.5.1 pH Tayini

Dondurmaların sıcaklık değerleri 20±1 °C'ye geldikten sonra kalibre edilmiş el pH metresi (Hanna Instruments HI 83141, İtalya) ile ölçümleri alınmıştır (141).

### 3.2.5.2 Titrasyon Asitliği Tayini

9 g dondurma örneğinin üzerine 3-5 damla %1'lik fenolftaleyn indikatörü ilave edilmiştir. 0,1 N NaOH ile değişmeyen açık pembe renk görülünceye kadar titre edilmiştir. Harcanan alkali miktarı formülde yerine konularak asitlik değeri belirlenmiştir (9,142).

$$\%Asitlik = \frac{\text{Harcanan } 0,1 \text{ N NaOH(mL)} \times 0,009}{\text{Örnek miktarı(g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

### 3.2.5.3 Toplam Kurumadde Tayini

Öncesinde etüvde (105±1 °C) 1 saat bekletilerek sabit tartıma getirilen kurutma kaplarının darası alınmış ve 2-3 g dondurma numunesi tartılmıştır. Ardından örnekler etüvde (ST 120, Şimşek Labor teknik) 105±1 °C'de 6 saat kurumaya bırakılmışlardır. Sürenin sonunda desikatöre alınarak yarım saat bekletilen örnekler yeniden tartılmıştır (143).

$$\text{Kurumadde(\%)} = \left( \frac{G3-G1}{G2-G1} \right) \times 100 \quad (3.3)$$

G1= Boş metal krozenin kütlesi (dara), g

G2= Örnek ile birlikte kabın kütlesi, g

G3= Kurutulmuş örnek ile birlikte kabın kütlesi, g

### 3.2.5.4 Yağ Tayini

Dondurmaların yağ miktarı gerber yöntemiyle tespit edilmiştir. Krema bütirometresine sırasıyla 10 mL sülfirik asit, 5 mL erimiş dondurma, 5 mL sıcak su ve 1 mL amil alkol ilave edilmiştir. Karışım 10 dakika santrifüj edilip ardından 65 °C'deki su banyosunda 5 dakika tutulmuştur. Bu sürenin sonunda bütirometre skalasından okuma yapılmıştır. Skalada okunan değer, gerçek yağ yüzdesine göre yeniden düzenlenmiştir (9).

### 3.2.5.5 Yağsız Kurumadde Tayini

Dondurma örneklerinin kurumadde ve yağ miktarları bulunduktan sonra, yağsız kurumadde miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (9,146).

$$\text{YKM(\%)} = \text{KM} - \text{YM} \quad (3.4)$$

YKM; Yüzde yağsız kurumadde miktarı, g.

KM = Yüzde toplam kurumadde miktarı, g.

YM = Yüzde süt yağı miktarı, g.

### 3.2.5.6 Protein Tayini

Kjeldahl tüpüne 3 g örnek tartılmış üzerine 2 adet Kjeldahl tableti ve 13 mL derişik sülfirik asit ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine (Velp Scientifica,

İtalya) yerleştirilmiş ve örnekler 105 °C, 200 °C, 300 °C’de 10 dakika ve 400 °C’de 120 dakika aşamalı şekilde yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında tüplerin soğuması beklenmiş ve distilasyon cihazına (Velp Scientifica UDK 139, İtalya) sırayla yerleştirilmişlerdir. İçerisinde %4’lük 25 mL borik asit ve 1 mL metil kırmızısı-brom krezol yeşili indikatörü bulunan erlen, cihazın distilat toplama bölümüne yerleştirilmiştir. Tüplerin içerisine 50 mL saf su ve 50 mL %40 NaOH cihazdan otomatik olarak ilave edilmiştir. Distilasyon işlemi leylak renkli çözeltinin rengini yeşil renge çevirmiştir. Erlenindeki distilat yeniden leylak renge dönünceye kadar 0.1 N HCl ile titre edilmiştir. Harcanan miktar kaydedilmiştir (143).

$$\text{Azot(\%)} = \frac{(S - S_{\text{kör}}) \times F \times 0.0014 \times 100}{M} \quad (3.5)$$

$$\text{Süt proteini(\%)} = \text{Azot(\%)} \times 6.38 \quad (3.6)$$

S= Titrasyonda harcanan 0.1 N HCl (mL)

S<sub>kör</sub>= Örnek ilavesiz yapılan deneyde harcanan 0.1 N HCl (mL)

F= Faktör

M= Örnek miktarı (g)

### 3.2.5.7 Kül Tayini

Öncesinde etüvde 1 saat (105 °C) ısıtılarak sabit tartıma getirilen porselen krozelerin daraları alınmıştır. Ardından her bir kroze 5 g örnek tartılmış ve kül fırınına yerleştirilmiştir. Fırının sıcaklığı 550 °C’ye kadar kademeli olarak arttırılmıştır. Bu sıcaklık değerine ulaştıktan sonra örneklerin rengi beyaza dönünceye kadar 6 saat yakma işlemine tabi tutulmuşlardır. Sürenin sonunda krozeler desikatöre alınıp ve oda sıcaklığına gelmeleri beklenmiş ve tartımları yapılmıştır (147).

$$\% \text{Kül miktarı} = \frac{\text{Kül}}{\text{Örnek miktarı}} \times 100 \quad (3.7)$$

Kül= ( kül+dara)-dara (g)

Ö= Örnek Miktarı (g)

### 3.2.5.8 Toplam Şeker Miktarı Hesabı

Toplam şeker oranının hesaplanması için öncelikle örneğin su, kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları belirlenmiştir. Toplam şeker miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (148,149).

$$\text{Toplam şeker} = 100 - (\%su + \%yağ + \%protein + \%kül) \quad (3.8)$$

### 3.2.5.9 Toplam Kalori Hesabı

Dondurma örneklerinin toplam kalori değerleri hesaplama yolu ile aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (78,150).

$$\text{Toplam kalori} = \%karbonhidrat \times 3,87 + \%yağ \times 8,79 + \%protein \times 4,27 \quad (3.9)$$

### 3.2.5.10 Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini Hwang vd. (151)'nin metoduna bazı modifikasyonlar uygulanarak yapılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonu için 50 g dondurma örneği 25 mL 500 mL 1-1 metanolde 12 saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Örneği süzmek için whatman No. 4 filtre kağıdı ve buhner hunisi (Fotoğraf 3.5) kullanılmıştır. Elde edilen ekstrakt buzlukta saklanmıştır.

Örneklerin analizi için deney tüpüne 0.2 mL ekstrakt üzerine 1.8 mL distile su ilave edilmiş ardından sırasıyla 1 mL Folin-Ciocalteu's ve 2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (20% w/v) ilave edilmiş, homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Deney tüpleri 20 dakika karanlıkta bekletilip 735 nm'de absorbans değerleri okunmuştur (151,152).



**Fotoğraf 3.5.** Buhner hunisi düzeneği

### 3.2.5.11 Antioksidan Aktivite Tayini

Antioksidan kapasite analizi için de fenolik madde tayininde kullanılan ekstraksiyon yönteminden yararlanılmıştır.

Örneklerin antioksidan aktivitesi DPPH radikalini süpürme yüzdesi olarak belirlenmiştir. Örneklerin analizi için 0.3 mL örnek ekstraktı deney tüpüne koyularak üzerine 1.2 mL metanol ve 1.5 mL DPPH (0.5 mM) ilave edilmiştir. Deney tüpleri homojen bir şekilde karıştırılarak 90 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 517 nm'de absorban değerleri okunmuştur. Ölçülen değerler Eşitlik 3.10'da yerine konularak yüzde antioksidan aktivite (%AA) değerleri hesaplanmıştır (151,153).

$$\% AA = [(A_0 - (A - A_b)) / A_0] \times 100\% \quad (3.10)$$

$A_0$ ; Örnek ilavesiz DPPH absorbanı,  
 $A$ ; DPPH ilaveli örnek absorbanı,  
 $A_b$ ; DPPH ilavesiz örnek absorbanı.

### 3.2.5.12 Renk Analizleri

Renk analizleri, renk tayin cihazı (CR400 Minolta, Japonya) kullanılarak dondurma örneklerinin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) belirlenmiştir.

### 3.2.5.13 Tekstür Analizleri

Tekstür analizleri TexturePro CT V1.4 Build 17 (Brookfield Engineering Labs, Inc., USA) cihazı (Fotoğraf 3.6) ile Pon vd. (60) 'nin yöntemine göre yapılmıştır. Analizlerde 2 mm çaplı paslanmaz çelik silindirik prob (P2) kullanılmıştır. Analizde kullanılan yük hücresi ağırlığı 5 g, penetrasyon derinliği 20 mm ve penetrasyon hızı 3.3 mm/s olarak ayarlanmıştır.



**Fotoğraf 3.6.** Tekstür cihazı

#### **3.2.5.14 Hacim Artışı (% Overrun) Hesabı**

Boş bir beherin darası alınmıştır. Ardından beher dondurma miksi ile doldurulup yeniden tartılmıştır. Son olarak aynı beher dondurma ile silme şekilde doldurulup tartım alınmış ve değerler aşağıdaki formülde yerine koyulmuştur (9,154).

$$\% \text{Hacim artışı} = \left( \frac{\text{Miksin ağırlığı} - \text{Dondurma ağırlığı}}{\text{Dondurmanın ağırlığı}} \right) \times 100 \quad (3.11)$$

#### **3.2.5.15 İlk Damlama Süresi ve Erime Oranı Tayini**

Boş bir beherin üzerine tel elek yerleştirilerek terazide darası alınmıştır. Ardından eleğin üzerine dondurma koyularak dondurmanın ağırlığı tespit edilmiştir. Sonrasında dondurma laboratuvarında hazırlanan bir düzenek ve tel bir elek üzerinde oda sıcaklığında erimeye bırakılmıştır. Eriyen kısım ağırlığı bilinen bir beherde toplanmıştır. Dondurmaların ilk damlamaya başladığı zaman kaydedilmiştir. Ayrıca 0, 6, 30, 60, 90, 120. dk'larda erime miktarları not edilmiştir (9,155).

$$\% \text{Erime oranı} = \frac{\text{Eriyen kısmın ağırlığı}}{\text{Dondurmanın ağırlığı}} \times 100 \quad (3.12)$$

### 3.2.5.16 Şekil Muhafaza Tayini

Dondurma örnekleri laboratuvarında hazırlanan bir düzenek ve tel bir elek üzerinde oda sıcaklığında erimeye bırakılmıştır. 0, 6, 30, 60, 90 ve 120. dk'larda dondurmaların uzunluk ve derinliği ölçülmüş sonrasında aşağıdaki formülde değerler yerine yerleştirilerek şekil faktörü bulunmuştur (9,155).

$$\text{Şekil faktörü} = \frac{\text{ilk uzunluk}}{\text{ilk derinlik}} \times \frac{\text{son derinlik}}{\text{son uzunluk}} \times 100 \quad (3.13)$$

### 3.2.5.17 Toplam Mezofilik Aerobik Mikroorganizma Sayımı

Dondurma örneklerinin toplam mezofilik aerobik mikroorganizma (TMAB) analizleri Plate Count Agar (PCA) besiyerinde, yayma tekniği ile yapılmıştır. Petri kutuları 30 °C'de 2 gün boyunca inkübasyonda tutulmuştur (145).

### 3.2.5.18 Duyusal Analizler

Duyusal analizler sadece dondurmaya uygulanmıştır. İlk aşamada üretilen dondurma örneklerine "Sınıflama (tercih) testi" uygulanmıştır (156). İkinci ve üçüncü aşamadan elde edilen dondurma örnekleri Bodyfelt vd. (157)'e göre test edilmiştir. Duyusal testlerde eğitilmiş 10 panelist görev almıştır.

### 3.2.5.19 İstatistiksel Analizler

Öncelikle verilere normallik ve homojenlik testleri yapılmış bunun sonucunda normal dağılım gösteren ve homojen varyanslı verilere One Way Anova-Tukey testi, homojen varyanslı olmayan verilere One Way Anova Welch's ve Games Howell testleri uygulanmıştır. Normal dağılım göstermeyen verilere ise Kruskal Wallis testi uygulanmıştır (158). Verilerin istatistiksel analizinde Minitab 17 paket programından yararlanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Birinci Aşama: En İdeal Şeker Oranının Belirlenmesi

En ideal düşük şeker oranlı dondurma örneklerini tespit etmek amacıyla farklı şeker oranları (%6, %8, %10, %12, %15) dikkate alınarak sakaroz (SD), Agave şurubu (AGD) ve Akçaağaç şurubu (AKD) ilaveli dondurma örnekleri üretilmiş ve bu dondurma örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları Tablo 4.1’de bir araya getirilmiştir. Tabloda her bir dondurma örneği için verilen sayılar, her iki tekerrür için panelistlerin tercih sayılarının toplamını göstermektedir. Duyusal değerlendirmeden elde edilen sonuçlara göre, SD örneğinde %8 şeker oranını 8 panelist tercih etmiş, AGD örneğinde %8 şeker oranını 13 panelist tercih etmiş ve AKD örneğinde %8 şeker oranını 12 panelist tercih etmiştir. Her üç dondurma grubunda (SD, AGD ve AKD) % 15 tatlandırıcı ilaveli dondurmalar (kontrol, KD) tercih edilmemiştir. Bu sonuçlara göre her üç şeker kaynaklı dondurmalarda en ideal düşük şeker oranı %8 olarak ortaya çıkmıştır.

**Tablo 4.1.** Panelistlerin farklı şeker oranlarına sahip dondurmaları tercih sayıları

Dondurma Çeşitleri	Dondurmaların Şeker İçerikleri (%)				
	6	8	10	12	15 (KD)
Sakaroz İlaveli Dondurma (SD)	1	8	7	4	0
Agave İlaveli Dondurma (AGD)	2	13	4	1	0
Akçaağaç İlaveli Dondurma (AKD)	1	12	5	2	0

### 4.2 İkinci Aşama: En İdeal Şeker, Akçaağaç ve Agave Oranına Sahip Dondurma Mikslerinin Özellikleri

İkinci aşamada, birinci aşama sonunda SD, AGD ve AKD örnekleri için uygun bulunan %8 şeker oranına göre, sakaroz ilaveli (SM), agave şurup ilaveli (AGM) ve akçaağaç şurubu ilaveli (AKM) dondurma miksleri yeniden üretilmiş ve özellikleri Tablo 4.2’de sunulmuştur.

**Tablo 4.2.** İdeal şeker oranına sahip dondurma mikslерinin özellikleri

Özellikler (%)	Dondurma Miksleri		
	SM	AGM	AKM
<b>Kuru madde (%)</b>	31,89 ± 0,027 <sup>a</sup>	31,68 ± 0,027 <sup>ab</sup>	31,54 ± 0,265 <sup>b</sup>
<b>Yağ (%)</b>	10,80 ± 0,236 <sup>a</sup>	10,70 ± 0,289 <sup>a</sup>	10,70 ± 0,379 <sup>a</sup>
<b>Asitlik (%)</b>	0,23 ± 0,024 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,021 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,018 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	6,49 ± 0,017 <sup>a</sup>	6,45 ± 0,021 <sup>a</sup>	6,38 ± 0,012 <sup>b</sup>
<b>Viskozite (mPa.s)</b>	57,93 ± 3,330 <sup>b</sup>	81,66 ± 4,040 <sup>a</sup>	63,27 ± 3,560 <sup>b</sup>
<b>Özgöl Ağırlık</b>	1,077 ± 0,001 <sup>a</sup>	1,076 ± 0,001 <sup>a</sup>	1,075 ± 0,001 <sup>a</sup>
<b>Renk</b>			
<b>L*</b>	80,47 ± 0,494 <sup>a</sup>	78,98 ± 0,535 <sup>b</sup>	79,09 ± 0,549 <sup>b</sup>
<b>a*</b>	-3,68 ± 0,070 <sup>c</sup>	-3,02 ± 0,121 <sup>b</sup>	-2,62 ± 0,074 <sup>a</sup>
<b>b*</b>	10,15 ± 0,085 <sup>c</sup>	11,88 ± 0,277 <sup>a</sup>	10,65 ± 0,025 <sup>b</sup>
<b>Protein Stabilitesi</b>	4,50 ± 0,577 <sup>a</sup>	4,50 ± 0,577 <sup>a</sup>	4,50 ± 0,577 <sup>a</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklı (P<0.05), aynı harflerle gösterilenler farksızdır (P>0.05).

Dondurma mikslерine ait kurumadde değeri oldukça yakın bulunmuş olsa da, SM ve AKM örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (P<0.05) (Tablo 4.2). Söz konusu durum üretim sırasında yaşanan kayıplardan veya şurupların su içeriğinden kaynaklanmış olabilir. Dağlı (159) peyniraltı suyu tozunun yoğurt dondurması üretiminde kullandığı bir çalışmada üretilen dondurmalarındaki % yağ değerini reçetede hedeflenen değerden daha düşük bulmuş bu durumu üretim sırasında yaşanabilecek kayıplara dayandırmıştır.

Tablo 4.2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere SM, AGM ve AKM örneklerinin % yağ değerlerinde pek farklılık görülmemiştir (P>0.05). Farklı şeker kaynakları ile hazırlanan dondurma miksleri, aynı reçete ile ve aynı şeker oranına sahip (%8) olacak şekilde üretildikleri için aynı bileşimde olmaları beklenen bir durumdur. Türkmen (160) çalışmasında farklı tür yabancı orkidelerden elde edilen saleplerle ürettiği dondurma mikslерinin yağ oranlarını aynı ve %10 olarak bulmuştur (P>0.05).

Dondurma mikslерinde yüksek asitlik pastörizasyon sırasında pıhtılaşma, viskozitedeki artmaya bağlı olarak dövülme kabiliyetinde azalma, duysal anlamda ekşi tat oluşumu gibi sorunlara yol açabilmektedir (9). Çalışmada üretilen SM, AGM ve AKM örneklerine ait pH ve % asitlik değeri Tablo 4.2'de sunulmuştur. Genel olarak şurup ilaveli miks örneklerinin daha yüksek asitlik değerine sahip olduğu izlense de bu farklılık istatistiksel bakımdan önemli seviyede görülmemiştir (P>0.05). pH değeri bakımından, AKM örneği ile diğer örnekler arasında fark önemli bulunmuştur (P<0.05). Dondurma miksinin pH ve asitlik

değeri miks bileşimindeki maddelerin (özellikle süt yağsız kurumadde) çeşidi, kalitesi, miktarı gibi faktörlerden ayrıca miksın muhafaza koşullarından etkilenmektedir (9). Çalışmamızda miks ilaveli şuruplarda meydana gelen değişim şurupların doğal pH ve asitlik değerinden kaynaklanmaktadır. Benzer sonuç bal ve glikoz şurubu kullanılarak üretilen Kahramanmaraş tipi dondurmaların pH ve asitlik değerlerinde de gözlenmiş ve bu durum, bal ve glikoz şurubunun kendi pH değerleri ve asidik yapılarıyla ilişkilendirilmiştir (71).

SM, AGM ve AKM örneklerinin özgül ağırlık değerleri 1,075-1,077 aralığında bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Dondurma miksının özgül ağırlığı, miksın bileşiminde bulunan başta şeker olmak üzere suda çözünen maddelere, su ve yağ miktarına bağlıdır. Dondurma mikslerinin ortalama özgül ağırlığı 1,0544-1,1232 aralığında bildirilmiştir (9,142,144). Mikslerin özgül ağırlık değerleri literatürle uyum içerisindedir.

Tablo 4.2’de de görüleceği üzere SM, AGM ve AKM örneklerinin protein stabiliteyi aynı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Protein stabilitesi, süt proteinlerinin koloidal süspansiyon formdan ayrılmaya karşı gösterdiği dirençtir (9,159). Stabilededeki bozulma miksın görünümünün pıhtılı bir hale bürünmesine ve sonraki aşamalarda miksın olgunlaştırılması sırasında serum ayrılması veya dondurmada kusurlu erime gibi sorunlara yol açar. Miksın bileşimi ve özellikleri (kalsiyum ve fosfat tuzları, yağ/yağsız kurumadde oranı, bağlı su miktarı, asitliği), ısıtma, homojenizasyon, olgunlaştırma ve depolama işlemleri miksın dayanıklılığını belirlemede önemlidir (9). Yoğurt dondurmasında süt yağsız kurumaddesinin yerine farklı oranlarda peyniraltı suyu tozunun kullanım olanağının araştırıldığı bir çalışmada tüm örneklerin protein stabiliteyi aynı ve 6:4/su:alkol olarak bulunmuştur (159).

SM, AGM ve AKM örneklerinin viskozite değerleri  $SM<AKM<AGM$  şeklinde sıralama göstermiştir (Tablo 4.2). AGM örneklerinin viskozite değerindeki yükseklik istatistiki bakımdan da önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Viskozite değeri miksın hava tutabilme niteliğini ve dövülebilmesini etkilediği için önemlidir. Miksın bileşimi ve bileşimdeki maddelerin miktarları, sıcaklık değeri, miksın işlenmesi, hammaddelerin çeşidi viskozite değerini etkileyen özelliklerdir (9). Bu noktada farklı şeker içeriklerinin dondurma mikslerinin viskozite içeriğini de etkilediği görülmektedir. Nitekim şeker türleri arasındaki molekül ağırlığı ve polimer zincir uzunluğundaki farklılıkların viskoziteyi

değiştirdiği bildirilmiştir (71,73). şeker yerine farklı oranlarda akçaagaç şurubu katılarak üretilen şerbet tipi dondurmalarla yapılan bir çalışmada, şeker içeren şerbet tip dondurmaların viskozite değeri akçaagaç şurubu içerenlere kıyasla daha dūřuk bulunmuştur ( $P<0.05$ ) (75).

Tablo 4.2 incelendiğinde genel anlamda şurup içerikli miks örneğlerinin (AGM ve AKM)  $L^*$  (parlaklık) değerlerinin önemli oranda daha dūřuk olduğu görölmektedir ( $P<0.05$ ). Aynı zamanda,  $b^*$  (sarı/mavi) değeri itibariyle en yüksek değere AGM örneği ve  $a^*$  (kırmızı/yeşil) değeri olarak en yüksek değere AKM grubu şurup ilaveli miksler sahip olmuştur ( $P<0.05$ ). Renk değerlerindeki bu farklılık şurupların doğal renginin bir sonucudur. Karaman vd. (76) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı oranlarda Trabzon hurma püresi katılarak üretilen dondurmalarda şurup ilavesinin örneğlerin  $L$  değerinde azalma,  $a$  değerinde kırmızılık yönünde artma ve  $b$  değerinde sarılık yönünde yükselmeye yol açtığı tespit edilmiştir.

### **4.3 İkinci Aşama: En İdeal şeker, Akçaagaç ve Agave Oranına Sahip Dondurmaların Özellikleri**

#### **4.3.1 İdeal şeker Oranına Sahip Dondurmaların Kimyasal Özellikleri**

Yapılan çalışma neticesinde elde edilen en ideal şeker oranına (% 8) sahip sakaroz ilaveli dondurma (SD), Agave şurubu ilaveli dondurma (AGD) ve Akçaagaç şurubu ilaveli dondurma (AKD) örneğlerinin bazı kimyasal özellikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3’ de göröldüğu üzere çalışmada üretilen % 8 tatlandırıcı oranına sahip SM, AGM ve AKM örneğlerine ait kuru madde, yağsız kuru madde, yağ, protein, şeker ve kül değerleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Yapılan çalışmada her üç dondurma türü de aynı reçete ile hazırlandığı ve farklı şeker kaynakları kullanılarak aynı şeker oranına sahip (%8) dondurmalar üretildiği için söz konusu özellikler birbirine yakın çıkmıştır. Benzer sonuçlar Antepüzümü (71) tarafından farklı oranlarda bal ve glikoz şurubu kullanılarak üretilen Kahramanmaraş tipi dondurmaların ve kontrol gruplarının kuru madde, protein ve yağ değerleri için bildirilmiştir.

**Tablo 4.3.** İdeal şeker oranlı (%8) dondurmaların kimyasal özellikleri

Özellikler (%)	Dondurma Örnekleri		
	SD	AGD	AKD
<b>Kuru madde</b>	30,968 ± 0,456 <sup>a</sup>	30,710 ± 0,607 <sup>a</sup>	30,529 ± 0,648 <sup>a</sup>
<b>Yağsız kuru madde</b>	21,14 ± 0,474 <sup>a</sup>	20,96 ± 0,642 <sup>a</sup>	20,78 ± 0,688 <sup>a</sup>
<b>Yağ</b>	9,83 ± 0,222 <sup>a</sup>	9,75 ± 0,238 <sup>a</sup>	9,75 ± 0,238 <sup>a</sup>
<b>Protein</b>	4,38 ± 0,004 <sup>a</sup>	4,36 ± 0,020 <sup>a</sup>	4,36 ± 0,004 <sup>a</sup>
<b>Şeker</b>	15,73 ± 0,429 <sup>a</sup>	15,56 ± 0,588 <sup>a</sup>	15,39 ± 0,655 <sup>a</sup>
<b>Kül</b>	1,04 ± 0,061 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,061 <sup>a</sup>	1,03 ± 0,050 <sup>a</sup>
<b>Asitlik</b>	0,22 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,015 <sup>ab</sup>	0,26 ± 0,010 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	6,52 ± 0,015 <sup>a</sup>	6,48 ± 0,015 <sup>b</sup>	6,43 ± 0,010 <sup>c</sup>
<b>Toplam kalori (kal)</b>	165,92 ± 2,000 <sup>a</sup>	164,55 ± 2,450 <sup>a</sup>	163,87 ± 2,620 <sup>a</sup>

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçaağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklı (P<0,05), aynı harflerle gösterilenler farksızdır.

Mevcut dondurma tebliğine göre yağlı dondurmalar en az %8 süt yağı, % 36 kuru madde ve %10 yağsız süt kuru maddesi içermelidir (161). Araştırma kapsamında üretilen dondurmalar yağ oranı itibariyle yağlı dondurma sınıfına girmektedir. Ancak dondurmaların kuru madde miktarları tebliğ değerlerinden düşük bulunmuştur. Bunun sebebi düşük şeker oranlı dondurmalar ile çalışılmasıdır. Çünkü bilindiği gibi şeker dondurmaya tatlılık özelliği vermesinin dışında aynı zamanda önemli bir kuru madde kaynağıdır (3). Dondurmaların kuru madde değerleri Aydın (63); Karaman (76); Badayman (65)'in çalışmalarında belirlenen değer aralığında yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada dondurmaya farklı oranlarda semizotu ilavesinin dondurmanın kül değerini etkilemediği bildirilmiştir (P>0.05) (162). Elde edilen kül değerleri Hezer (162) ve Temiz ve Yeşilsu (51)'nin rapor ettiği değerlerden yüksek; Karaman vd. (76)'nin çalışmasında bulduğu değer aralığına yakın bulunmuştur. Temiz ve Yeşilsu (51) farklı oranlarda pekmez ilavesiyle üretilen dondurmaların % yağ değerini 9.75 ile 10.0 aralığında belirlemiş ve pekmez ilavesiyle yağ miktarının az da olsa düştüğünü gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada araştırmacılar, % protein değerlerinin 3.37 ile 4.19 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir (51). Elde edilen bu sonuçlar çalışmamızla uyum içindedir.

SD, AGD ve AKD örneklerinin pH değerleri 6,43 ile 6,52; % asitlik değerleri ise 0,22 ile 0,26 aralığında değişmiştir. Yapılan istatistiksel analiz neticesinde pH değerlerindeki değişim ile SD ve AKD gruplarının asitlik değerlerindeki farklılık önemli bulunmuştur (P<0.05). Şurup ilaveli grupların

(AKD ve AGD) yüksek asitlik ve düşük pH değerleri, ilave edilen şurupların pH değerinin düşük olmasından kaynaklanmıştır. Antepüzümü (71) farklı oranlarda (%20, 30, 40, 50) bal ve glikoz şurubu kullanımının Kahramanmaraş tipi dondurmanın kalitesi üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada; bal ilaveli dondurmaların titrasyon asitliği değerini kontrol (şeker içeren) ve glikoz şurubu ilaveli olanlara göre önemli derecede yüksek ( $P<0.05$ ) bulmuş ayrıca bal oranının artmasıyla benzer şekilde asitliğin yükseldiğini de kaydetmiştir. Bu sonuç şeker kaynağı olarak kullanılan balın asidik yapısına dayandırılmıştır. Aynı çalışmada bal ve glikoz şurubu ilaveli dondurmaların pH değerleri kontrol grubuna göre düşük tespit edilmiş ( $P<0.05$ ) ve bu durum bal ve şurubun düşük pH değerleriyle ilişkilendirilmiştir.

Doğal tatlandırıcı ilavesiyle üretilen dondurma örneklerinin toplam kalori değerleri SD örneğine göre hafif düşük bulunmuştur (Tablo 4.3). Ancak bu değişim istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Yavaş Sarıoğlu (78) düşük kalorili dondurma üretimi üzerine yaptığı bir çalışmada sakaroz ilaveli dondurmaların kalori değerini stevya ekstraktı kullanarak 158,34 kcal'den 111,69 kcal değerine düşürmüştür ( $P<0.05$ ). Çalışmamızda miks reçetelerinin hazırlanması sırasında %8'lik şeker oranını sağlamak için, doğal şekerlerin briks oranı üzerinden hesaplama yapılması dondurmaların kalori değerini birbirine yaklaştırmış olabilir. Bu durum doğal tatlandırıcı ile hazırlanan dondurma mikslerinde sakaroz ile aynı şeker oranı sağlamak için briks değerine göre daha fazla miktarda şurup ilavesini gerektirmiştir.

### **4.3.2 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Fiziksel Özellikleri**

#### **4.3.2.1 Hacim Artış Oranları**

Hacim genişlemesi dondurmada arzu edilen bir özellik olmasına rağmen gereğinden çok olması karlı, köpüğümsü, hafif ve lezzetsiz bir ürün oluşumuna; diğer yandan gereğinden az olması randımanı düşürerek hem üreticinin zarar etmesine aynı zamanda sert ve ağır yapıda bir dondurma üretilmesine sebep olmaktadır (9). SD, AGD ve AKD örneklerine ait hacim artış oranları Tablo 4.4'de verilmiştir. Araştırmada SD, AGD ve AKD örneklerinin hacim genişlemeleri sırasıyla %28,03, %21,65, %19,89 bulunmuştur. Farklı şeker kaynağı kullanılmış dondurmalarından SD ile diğerleri arasındaki fark önemli

( $P < 0.05$ ), AGD ve AKD örnekleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği'nde dondurma için hacim genişlemesine %100'e kadar izin verilmiştir (161). Lakin, yüksek kaliteli olarak nitelendirilen dondurmaların hacim artışının %15-50 aralığında olduğu bildirilmiştir (163,164). Bu noktada çalışmada üretilen her üç dondurmanın da yüksek kaliteli dondurma grubunda yer aldığı söylenebilir. Literatürde stevya şekerinin dondurmada kullanımını üzerine yapılan bir çalışmada, %30.77 kuru maddeli sakaroz ilaveli sade dondurmanın hacim artışı değeri %14.10, %31.77 kuru maddeli stevya şekeri ilaveli dondurmanın hacim artışı ise %8.54 bulunmuştur (72).

**Tablo 4.4.** Dondurma örneklerinin hacim artışı, ilk damlama süresi, erime oranı ve şekil muhafaza değerleri

Özellikler	Dondurma Örnekleri		
	SD	AGD	AKD
<b>Hacim artışı (Overrun) (%)</b>	28,03 ± 0,907 <sup>a</sup>	21,65 ± 1,208 <sup>b</sup>	19,89 ± 1,518 <sup>b</sup>
<b>İlk damlama süresi (dakika)</b>	35,14 ± 0,758 <sup>a</sup>	30,09 ± 0,423 <sup>b</sup>	34,24 ± 0,899 <sup>a</sup>
<b>Erime oranı (120. dk)</b>	48,21 ± 2,690 <sup>a</sup>	34,92 ± 1,186 <sup>b</sup>	37,77 ± 1,636 <sup>b</sup>
<b>Şekil muhafaza (120. dk)</b>	36,433 ± 1,102 <sup>c</sup>	51,820 ± 1,949 <sup>a</sup>	45,948 ± 1,217 <sup>b</sup>

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçaağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklı ( $P < 0.05$ ), aynı harflerle gösterilenler farksızdır.

#### 4.3.2.2 İlk Damlama Süreleri

İlk damlama süresi dondurmada dayanıklılığı, kaliteyi ve tüketici tercihini etkilemesi bakımından önemlidir; ancak bu sürenin gereğinden uzun olması bir erime kusuru olarak tanımlanmakta ve neticede dondurmanın aromasının algılanamaması veya tüketiminin güçleşmesi gibi pek çok olumsuz durumu beraberinde getirmektedir (9,160,165,166). İyi kalitedeki bir dondurmanın oda sıcaklığında en az 10-15 dakika şeklini muhafaza etmesi beklenmektedir (9,150). İdeal şeker oranına ait dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri Tablo 4.4'de sunulmuştur. Araştırmada en erken damlama gösteren örnek 30,09 dk ile AGD örnekleri olmuştur. SD grubu ise diğer dondurmalar arasında en uzun süre damlamadan kalan örnek grubu olmuştur (34,95 dk). Yapılan istatistik

değerlendirmede AGD örneklerinin ilk damlama süresi, diğer örneklerden düşük ve önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Bu sonuç SD örneklerinin daha yüksek hacim genişlemesine sahip olmasıyla ilişkilendirilebilir. Havanın sahip olduğu yalıtkan özellikle dondurmanın içerisine sızan sıcak hava akımını önleyerek erimeyi geciktirdiği bildirilmiştir (160,165). Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri Dervişoğlu ve Yazıcı (167) ile Maden (168) çalışmalarında belirlediği aralıkta bulunmuştur.

#### **4.3.2.3 Erime Oranları**

Dondurma örneklerine ait erime oranları Tablo 4.4'de bir araya getirilmiştir. Örneklerin erime oranları zamanla artış göstermiştir. 120. dk sonunda en yüksek erime oranına sahip dondurma örneği SD örneği olmuştur ( $P<0.05$ ). Şurup ilaveli dondurmaların nispeten daha düşük erime miktarlarının şurupların bileşimindeki şeker kompozisyonuyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Zira sakaroz ve dektroz miktarının fazla olması donma noktasını düşürerek daha yumuşak yapılı, daha kolay eriyen bir ürün oluşumuna neden olmaktadır. Diğer yandan polisakkarit halindeki kompleks şekerler ise serbest suyu bağlayarak ısı değişimlere daha dayanıklı daha sert bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır (3). Bir diğer husus, dondurma mikslerinin viskozite değeridir. Yüksek viskoziteli mikslerden yapılan dondurmaların daha geç eridiği bildirilmiştir (160,169). Hakikaten, en yüksek miks viskozitesine agave şurup ilaveli dondurmaların aynı zamanda en düşük erime oranına da sahip olduğu ortaya konmuştur (Bkz: Tablo 4.2). Bu bakımdan erime oranları ile viskozite değerleri uyum içerisinde. Farklı tür orkidelerden elde edilen saleplerle üretilen maraş usulü dondurmaların özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, kıvam indeksi düşük örneklerin erime oranları yüksek, kıvam indeksi yüksek olanların ise daha yavaş erime gösterdikleri tespit edilmiştir (160).

#### **4.3.2.4 Şekil Muhafaza Değerleri**

Şekil muhafazası belirli bir süre boyunca dondurmanın şeklinde meydana gelen bozulmayı ifade etmektedir. Erime oranını destekleyici sonuçlar vermektedir. Çalışmada üretilen SD, AGD ve AKD örneklerine ait şekil muhafaza değerleri (Tablo 4.4) incelendiğinde; tüm örneklerde sürenin artmasına karşı düşüş göstermiştir. En yüksek şekil muhafaza süresi 120. dakikada AGD

örneğinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Araştırmada, şurup ilaveli dondurmaların şekillerini daha iyi muhafaza ettikleri görülmüştür. Gerçekten bu örnekler SD grubuna göre daha az erime göstermişlerdir. Sonuçlar erime oranı sonuçlarıyla uyumludur. Elde edilen değerler, Dağlı (159) tarafından 120. dk sonunda belirlenen şekil muhafaza değerlerine yakın bulunmuştur.

#### 4.3.2.5 Renk Değerleri

SD, AGD ve AKD örneklerine ait renk değerleri Tablo 4.5'te bir araya getirilmiştir. Tabloda sunulan renk değerlerine bakıldığında SD örneklerinin diğer dondurmalara göre en yüksek  $L^*$  ve en düşük  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine sahip örnek grubu olduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede en düşük parlaklık ( $L^*$ ) değerine AKD örneği ( $P<0.05$ ), en yüksek  $b^*$  değerine AGD örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Agave ve akçaağaç şurup ilaveli dondurmaların özellikle  $L^*$  değerindeki bu farklılığa, şurupların doğal renginin sebep olduğu tahmin edilmektedir. Akçaağaç şurubu ve stevia ilavesinin sütlü tatlıların özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada; akçaağaç şurup ilaveli sütlü tatlı grubu stevia ve sakaroz ilaveli sütlü tatlılara göre en düşük  $L^*$  değeri, en yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  değerine sahip örnek grubu olarak rapor edilmiştir ( $P<0.01$ ) (16).

**Tablo 4.5.** Dondurma örneklerinin renk değerleri

Renk	SD	AGD	AKD
$L^*$	$91,24 \pm 0,654^a$	$90,03 \pm 0,993^a$	$87,78 \pm 0,824^b$
$a^*$	$-2,85 \pm 0,127^b$	$-2,30 \pm 0,285^a$	$-2,04 \pm 0,171^a$
$b^*$	$13,19 \pm 0,725^a$	$14,97 \pm 1,002^a$	$14,00 \pm 0,335^a$

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçaağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı sırada farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklı ( $P<0.05$ ), aynı harflerle gösterilenler farksızdır.

#### 4.3.3 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Dondurma örneklerinin fenolik madde içerikleri Tablo 4.6'da sunulmuştur. Araştırmada en yüksek toplam fenolik madde değerini veren dondurma grubu AGD örnekleri olmuştur ( $P<0.05$ ). Bu grubu sırasıyla AKD ve SD örnekleri izlemiştir. Bu sonuçtan hareketle, şurup ilavesinin dondurma örneklerinin toplam

fenolik madde içeriğini arttırdığı söylenebilir. Araştırmadan elde edilen değerler Singh vd. (68) ve Hezer (162)'in çalışmalarıyla uyum içindedir. Dondurmada fenolik bileşenler; aminoasit parçalanması, süte dış ortamdan bulaşı veya fenoliklerin yemlerden süte tesiri gibi farklı şekillerde bulunabilmektedir. Bunların dışında fenolik bileşenlerce zenginleştirmek ve fonksiyonel bir ürün elde etmek amacıyla doğrudan dışarıdan da ilave edilebilmektedirler (170,171). Bu noktada akçaağaç ve agave şurubu ilavesi zengin fenolik içeriğiyle dondurmaya fenolik anlamda geliştirecek gıda maddelerindedir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, şurup ilavesinin dondurmaların fonksiyonel özelliğinin gelişmesine katkı sağladığı belirlenmiştir.

**Tablo 4.6.** Dondurma örneklerinin fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktivite testi sonuçları

Özellikler	Dondurma örnekleri		
	SD	AGD	AKD
<b>Fenolik madde (mg GAE/kg)</b>	363,78 ± 4,872 <sup>c</sup>	470,89 ± 2,421 <sup>a</sup>	433,67 ± 1,318 <sup>b</sup>
<b>Antioksidan aktivite (%)</b>	14,26 ± 0,439 <sup>c</sup>	26,87 ± 0,212 <sup>a</sup>	22,85 ± 0,868 <sup>b</sup>

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçaağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli (P<0.05), aynı harflerle gösterilenler önemsizdir (P>0.05).

#### 4.3.4 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Antioksidan Aktivite (%) Değerleri

Dondurma örneklerinin % antioksidan aktivite değerine ilişkin veriler Tablo 4.6'da verilmiştir. Tabloda da açıkça görüleceği gibi, AGD örneklerinin antioksidan aktivite değeri diğer dondurmalara kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir (P<0.05). SD dondurma grubunun ise en düşük % antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Dondurmanın doğal antioksidan özelliği ana bileşeni olan sütteki vitaminler (A, C, E vitaminleri), fenolik bileşikler, proteolitik enzimler, peptitler ve başlıca süt proteinlerinden (kazein, β-laktoglobulin) kaynaklanmaktadır (170,172). Ancak yine de dondurma, meyve sebze gibi gıda maddelerinin yanında antioksidan aktivite itibariyle zayıf bir ürün olarak değerlendirilmiş ve yapılan pek çok çalışmada antioksidan özellik itibariyle zengin ürünlerle birleştirilmiştir (173). Şanlıdere Aloglu vd. (57) farklı oranlarda

kocayemiş meyvesi ilave edilerek üretilen dondurmaların çeşitli özelliklerini inceledikleri çalışmalarında kontrol, %15 ve %25 kocayemiş meyve püresi içeren dondurmaların % antioksidan aktivite değerlerini sırasıyla %25.22, %62.30 ve %74.53 olarak bulmuşlardır. Başka bir çalışmada ise farklı oranlarda semizotu ilave edilmiş dondurmaların antioksidan aktivite değerleri %13,66-19,43 aralığında saptanmıştır (162). Literatürde farklı tür agave şuruplarının antioksidan aktivite değerleri %8,71 ile 52,2 değerleri arasında bulunmuştur (42). Çalışma % antioksidan aktivite değerleri itibariyle literatürle uyum içerisindedir.

#### 4.3.5 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Tekstürel Özellikleri

İdeal şeker oranına sahip dondurma örneklerinin tekstürel analiz sonuçları Tablo 4.7’de bir araya getirilmiştir.

**Tablo 4.7.** Dondurma örneklerine ait tekstürel analiz sonuçları

Tekstürel özellik	Dondurma örnekleri		
	SD	AGD	AKD
Sertlik (g)	561,00 ± 274,0 <sup>b</sup>	924,8 ± 95,0 <sup>ab</sup>	1097,00 ± 2,89 <sup>a</sup>
Kohezyon	0,140 ± 0,035 <sup>a</sup>	0,085 ± 0,017 <sup>a</sup>	0,045 ± 0,006 <sup>b</sup>
Adezyon (g)	134,5 ± 78,5 <sup>b</sup>	138,5 ± 22,5 <sup>ab</sup>	192,8 ± 21,7 <sup>a</sup>
Esneklik	0,85 ± 0,092 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,127 <sup>a</sup>	0,87 ± 0,058 <sup>a</sup>
Sakızımsılık (g)	67,45 ± 30,3 <sup>ab</sup>	79,35 ± 5,14 <sup>a</sup>	50,05 ± 7,22 <sup>b</sup>
Çiğnenebilirlik (g)	59,45 ± 32,0 <sup>ab</sup>	65,40 ± 5,77 <sup>a</sup>	43,25 ± 3,41 <sup>b</sup>

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçaağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklı (P<0.05), aynı harflerle gösterilenler farksızdır.

##### 4.3.5.1 Sertlik Değerleri

Akçaağaç şurup ilaveli örneklerin sakarozlu sade dondurmaya kıyasla sertlik değeri istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur (P<0.05). Başka bir deyişle en yumuşak dondurma SD örneklerinden elde edilmiştir. Diğer yandan şurup ilaveli dondurma örnekleri içerisinde AKD grubu daha sert bulunmuştur (P>0.05). (Tablo 4.7). Herhangi bir sebeple hava kabarcıklarını çevreleyen ve serbest suyu bağlayan bağların oluşumu; hacmin yeterince genişleyememesine bunun sonucunda ürünün daha sert yapıda olmasına neden olmaktadır (50,174). Yapılan bir çalışmada araştırmacı yüksek hacim genişlemesine sahip dondurmaların daha yumuşak tekstürde ve kolay eriyen

yapıda olduğuna dikkat çekmiştir (165,166). Nitekim aynı sonuç, en düşük sertlik ve en yüksek overrun değerine sahip SD grubunda da görülebilmektedir (Bkz: Tablo 4.4). Bu bağları oluşturan sebep dondurmanın (kullanılan sütün) yapısındaki protein yağ miktarı gibi bileşenler (50), şeker miktarı ve çeşidi gibi faktörler (3) veya dışarıdan ilave edilen meyve (174), emülgatör-stabilizatör (3) gibi gıda maddeleri olabilir. Sayar (174) farklı konsantrasyonlarda yaban mersini ilave edilmiş deve sütü dondurmalarında, yaban mersini miktarı arttıkça dondurma örneklerinin sertlik değerinin arttığını gözlemlemiş, bunun sebebini meyvelerin hava kabarcıklarını sarmasına dayandırmıştır ( $P>0.05$ ). Başka bir çalışmada ise keçi sütünün ile üretilen dondurmaların inek sütü kullanılarak üretilenlere kıyasla hacim genişlemelerinin daha düşük, daha sert ve geç eriyen yapıda aynı zamanda yapı ve kitle özellikleriyle daha gelişmiş ürünler olduğu bildirilmiştir. Bu durum keçi sütünün bileşimindeki protein ve yağ miktarının fazlalığı ve bu bileşenlerin sağladığı interaksiyonlarla ilişkilendirilmiştir (50). Bir diğer çalışmada dondurmaya farklı oranlarda Trabzon hurması katılmış ve dondurmada sertlik değerinin arttığı rapor edilmiştir (76). Bu bilgiler neticesinde, şurup ilaveli dondurmaların sertlik değerlerindeki artış şeker kompozisyonlarındaki farklılığa dayandırılabilir. Şeker miktar ve çeşidinin dondurmanın donma noktası ve sertlik değeri üzerinde doğrudan etkili olduğu bilinmektedir (3). Literatürde dondurmaların sertlik değerine ilişkin yapılan çalışmalarda; Karaman vd. (76) 4521,89 ile 16545,37 g, Doğan (166) 202,82 ile 1271,91, Sayar (174) 124,62 ile 162,31 g aralığında bulmuşlardır. Çalışmadan elde ettiğimiz değerler Sayar (174)'nin elde ettiği sertlik değerlerinden yüksek; Karaman vd. (76)'den düşük; Doğan (166)'nin değerlerine yakın bulunmuştur.

#### **4.3.5.2 Kohezyon (İç Yapışkanlık) Değerleri**

Araştırmada AKD örneklerinin kohezyon değerlerindeki düşüklük istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ) (Tablo 4.7). Pon vd. (60) stevia katkılı dondurmanın çeşitli özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, dondurmaların kohezyon değerini 0.04 ile 0.15 aralığında bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Hwang vd. (151) farklı miktarlarda üzüm şarabı tortusu ve karboksimetil selüloz ilave edilmiş dondurmaların kohezyon değerini 0.16 ile 0.29 aralığında; üzüm şarabı tortusu ilave edilmeyen kontrol grubu dondurmaların kohezyon değerini ise 0.25 olarak belirlemiştir. Çalışmamızda bulduğumuz iç

yapışkanlık değerleri Pon vd. (60)'e yakın; Hwang vd. (151)'nin değerlerinden düşük bulunmuştur.

#### **4.3.5.3 Adezyon (Dış Yapışkanlık) Değerleri**

Tablo 4.7'de görüldüğü üzere dondurma örneklerinin dış yapışkanlık değerleri arasında SD<AGD<AKD şeklinde bir sıralama oluşmuştur. Akçaağaç şurubu kullanılarak üretilen dondurmaların dış yapışkanlık değeri üzerinde meydana getirdiği değişim istatistiki bakımdan önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Limonlu dondurmada yağ ikame maddesi olarak portakal lifinin kullanıldığı bir çalışmada, lif içermeyen kontrol grubunun dış yapışkanlık değeri 208 g/s, lif içeren dondurma gruplarının dış yapışkanlık değerleri ise 135 ile 413 g/s aralığında bildirilmiştir (175). Literatür taramasında elde edilen veriler çalışmamızla uyum içerisindedir.

#### **4.3.5.4 Esneklik Değerleri**

Tablo 4.7 incelendiğinde; SD, AGD ve AKD örneklerinin esneklik değerlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Nitekim istatistiki değerlendirme de bu durumu desteklemektedir ( $P>0.05$ ). Yapılan bir çalışmada şekerin yerine farklı oranlarda stevia ilave edilmiş dondurmaların esneklik değerleri 0,96 ile 0,98 arasında bulunmuştur. Aynı çalışmada yalnızca pudra şekeri ilavesiyle üretilen kontrol grubu dondurmaların esneklik değerleri 0,89 olarak bildirilmiştir (60). Literatürde yapılan diğer çalışmalarda dondurma örneklerinin esneklik değerleri; Demir (58) 0,520 ile 0,545, Guo vd. (176) 0,69 ile 0,81, Crizel vd. (175) 0,82 ile 0,91 aralığında rapor edilmiştir.

#### **4.3.5.5 Sakızımsılık Değerleri**

İyi kalitede bir dondurmada ideal oranda sakızımsı yapı aranmaktadır. Tablo 4.7'de görüldüğü üzere örnekler arasında bu özellikle ilgili en yüksek değerler AGD örneklerinden elde edilmiştir. Bu sonuç istatistiki bakımdan da önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Literatürde bu konu ile ilgili yapılan bir çalışmada farklı oranlarda stevia katılmış dondurmalarda sakızımsı yapı değeri 46.62 ile 134.52 arasında değişmiştir. Kullanılan stevia oranının artmasıyla dondurmalarındaki sakızımsı yapının arttığı görülmüştür (60). Demir (58) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise dondurmaların sakızımsılık değerleri

59,28 ile 108,93 g arasında saptanmıştır. Çalışmada belirlenen sakızımsılık değerleri literatür değerlerine yakın bulunmuştur (58,60).

#### **4.3.5.6 Çiğnenebilirlik Değerleri**

Çiğnenebilirlik değerinin sakızımsılık değeri ile doğru orantılı bir ilişkisi olduğu bildirilmiştir. Buna göre sakızımsılık değeri yüksek olan örneklerin çiğnenebilirlik değerinin de daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur (58,177). Gerçekten en yüksek sakızımsılık değerine sahip AGD grubu aynı zamanda en yüksek çiğnenebilirlik değerine de sahiptir ( $P<0.05$ ) (Tablo 4.7). Demir (58) ayva çekirdeği ekstraktının dondurma üretiminde doğal bir stabilizatör olma imkanını araştırdığı çalışmasında, dondurmaların çiğnenebilirlik değerlerini 31,68 ile 59,45 g arasında bulmuş ve depolama süresinin de çiğnenebilirlik değerini arttıran bir faktör olduğunu tespit etmiştir. Bir başka çalışmada ise hindistan cevizli sütlü dondurmalarda doğal stabilizatör olarak bakteriyel selülozdan yararlanılmış ve bu dondurmaların çiğnenebilirlik değeri 26,64 g olarak bildirilmiştir (178).

#### **4.3.6 İdeal Şeker Oranına Sahip Dondurmaların Duyusal Özellikleri**

Yapılan duyusal analizler neticesinde, panelistlerin test ettikleri her bir parametre için vermiş oldukları puanların medyan değerleri Tablo 4.8’de bir araya getirilmiştir. Tabloda her bir parametre için verilen sayılar  $N=20$  verinin medyan değerini göstermektedir. Veriler normal dağılım göstermedikleri için Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. Araştırmada her ne kadar farklı tatlandırıcılarla çalışılmışsa da, sade tip dondurmaya en yakın görünümde dondurma üretilmesi hedeflenmiştir. Bu noktada panelistler her üç grubun rengini de kabul edilebilir ve yakın bulmuştur ( $P>0.05$ ). SD, AGD ve AKD örneklerinin yumuşaklık sertlik değerlendirmesinde en düşük puan fazla yumuşaklık veya sertlik kusurunu, en yüksek puan ise ideal sertliği ifade etmekteydi. Panelistler SD ve AGD örneklerine daha yüksek puanlar vermiş ve daha ideal tüketim sertliğinde bulmuşlardır ( $P>0.05$ ). Pürüzlü ve buzlu yapı gibi dondurmada bulunması arzu edilmeyen yapısal kusurların değerlendirilmesinde en yüksek puan dondurmada bu yapısal kusura rastlanmadığını göstermekteydi. Buna dayanarak panelistler bu parametreler için AKD grubunu daha başarılı bulmuşlardır ( $P>0.05$ ). Dondurma örneklerinin sakızımsı yapı açısından değerlendirmesinde, en yüksek puan ideal derecedeki sakızımsı yapıyı en düşük puan ise sakızımsı yapının hissedilmediğini

bildirmekteydi. Sakızımsı yapı tüm dondurma çeşitlerinde orta derecede algılanmıştır ( $P>0.05$ ).

**Tablo 4.8.** Dondurma örneklerinin duyuusal test sonuçları

Duyuusal özellikler	Dondurma örnekleri (Medyan değeri, N=20)		
	SD	AGD	AKD
Renk ve görünüş	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>
Yumuşaklık-Sertlik	8.0 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
Pürüzlü yapı	9.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>
Buzlu yapı	9.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>
Sakızımsı yapı	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
Ağızda erime	7.0 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>
Soğukluk şiddeti	7.5 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>
Tatlılık düzeyi	7.5 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>
Genel beğeni	7.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>

SD: Sakaroz ilaveli dondurma, AGD: Agave şurubu ilaveli dondurma, AKD: Akçağaç şurubu ilaveli dondurma. Aynı satırdaki medyan değerlerden farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli ( $P<0.05$ ), aynı harflerle gösterilenler önemsizdir ( $P>0.05$ ).

Dondurma örneklerinden ağızda tadın algılanacak kadar ideal sürede erimeden kalması beklenmektedir. Duyusal parametrelerden bir diğeri olan erime süresi tüm örneklerde yakın puanlar olsa da SD örneklerinin AKD ve AGD örneklerine göre ağızda daha hızlı eridiği bildirilmiştir ( $P>0.05$ ). Dondurmaların soğukluk şiddeti SD ve AGD örneklerinde daha fazla hissedilmiştir ( $P>0.05$ ). Panelistler AGD grubunun tatlılık düzeyini ideal tatlılığa daha yakın bulmuşlardır ( $P>0.05$ ). Genel anlamda üç dondurma türü de kabul edilebilirlik açısından yüksek puanlar almış olup AKD ve AGD örnekleri daha fazla beğenilmiştir. İki grup dondurma da sakarozu alternatif olarak üretilip tüketilebilecek nitelikte bulunmuş, ikisi arasında AGD grubu sakarozu yakın nötr bir tadı olduğu için karakteristik bir tada sahip olan AKD grubuna kıyasla daha çok kişiye hitap edebilir bulunmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçları genel anlamda yakın değerler verdiği için istatistiki bakımdan önemli bir farklılık oluşturmamıştır ( $P>0.05$ ).

#### 4.4 Üçüncü Aşama: Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Dondurma Mikslerinin Bazı Fiziko-kimyasal Özelliklerine Etkisi

İkinci aşamada uygun bulunan AGD örneği yeniden üretilerek yöntem bölümünde belirtildiği şekilde yüksek hidrostatik basınca (YHB) tabi tutulmuştur. Bu doğrultuda klasik yöntemle üretilen, YHB uygulanan, YHB uygulandıktan sonra 10 saat dinlendirilen ve YHB uygulandıktan sonra 20 saat dinlendirilen mikslerin özellikleri Tablo 4.9'da bir araya getirilmiştir.

**Tablo 4.9.** YHB uygulamasının ve dinlendirme işleminin dondurma miksinin bazı fiziko-kimyasal özelliklerine etkisi

Özellikler	Dondurma miksleri					
	Ortak miks	KYM	YHB-0	YHB-10	YHB-20	
<b>Kurumadde (%)</b>	30,44±0,164 <sup>b</sup>	31,47±0,178 <sup>a</sup>	31,24±0,367 <sup>a</sup>	31,06±0,378 <sup>a</sup>	31,08±0,078 <sup>a</sup>	
<b>Yağ (%)</b>	10,58±0,106 <sup>a</sup>	10,80±0,424 <sup>a</sup>	10,95±0,212 <sup>a</sup>	10,88±0,106 <sup>a</sup>	10,80±0,000 <sup>a</sup>	
<b>pH</b>	6,45±0,018 <sup>a</sup>	6,41 ± 0,018 <sup>a</sup>	6,48±0,060 <sup>a</sup>	6,45±0,028 <sup>a</sup>	6,45±0,003 <sup>a</sup>	
<b>Asitlik (%)</b>	0,23±0,018 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,007 <sup>a</sup>	0,19±0,035 <sup>b</sup>	0,20±0,021 <sup>ab</sup>	0,20±0,021 <sup>ab</sup>	
<b>Renk</b>	<b>L*</b>	79,51±0,675 <sup>a</sup>	79,79±1,283 <sup>a</sup>	79,69±0,753 <sup>a</sup>	79,67±1,598 <sup>a</sup>	79,44±1,676 <sup>a</sup>
	<b>a*</b>	-3,12±0,113 <sup>b</sup>	-3,00±0,035 <sup>ab</sup>	-2,85±0,117 <sup>a</sup>	-2,88±0,042 <sup>a</sup>	-2,94±0,085 <sup>ab</sup>
	<b>b*</b>	9,72±0,208 <sup>c</sup>	10,43±0,219 <sup>b</sup>	11,96±0,355 <sup>a</sup>	12,10±0,371 <sup>a</sup>	11,81±0,509 <sup>a</sup>
<b>Özgül Ağırlık</b>	1,071±0,000 <sup>b</sup>	1,075±0,001 <sup>a</sup>	1,073±0,003 <sup>ab</sup>	1,073±0,001 <sup>ab</sup>	1,073±0,00 <sup>ab</sup>	
<b>Viskozite (mPa.s)</b>	35,98 ±6,286 <sup>b</sup>	64,71 ±5,954 <sup>b</sup>	946,80 ±218,093 <sup>a</sup>	1022,58 ±204,863 <sup>a</sup>	1102,23 ±305,449 <sup>a</sup>	
<b>Protein stabilitesi</b>	4,00±0,000	4,00±0,000	.*	.*	.*	
<b>Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli (P<0.05), aynı harflerle gösterilenler önemsizdir (P>0.05). \*: YHB uygulanan örneklerde katılaşma meydana geldiğinden bu örneklerde analiz yapılamamıştır. KYM: Klasik yöntem miksi, YHB: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş. ND: Tespit limitinin altında.

Tablo 4.9'un incelenmesinden anlaşılacağı üzere, ortak miksin kurumadde değerinin diğer mikslere düşük çıktığı görülmektedir (P<0.05). Ortak mikste yapılan analizler henüz pastörize edilmemiş haldeki örneği ifade etmektedir. KYM, YHB-0, YHB-10 ve YHB-20 mikslerinin kurumadde değerlerinde görülen artış, mikslerin ısıtılması nedeniyle meydana gelen evaporasyondan kaynaklanmış olabilir. Miks örneklerinin yağ değerleri bir birine yakın bulunmuş, istatistiksel

olarak da farklılık tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ). 250-900 MPa/5 dakika süresince yüksek basınç uygulamasının trigliseritlerin miktarını ve aynı zamanda digliserit, monogliserit, serbest yağ asitleri gibi süt yağı bileşenlerinin konsantrasyonunu önemli derecede etkilemediği bildirilmiştir (116,180).

Tablo 4.9'dan da anlaşılacağı üzere; aynı dinlendirme sürelerinde farklı teknolojilerle işlenen KYM örnekleri ile YHB-20 örnekleri arasında ve ayrıca farklı dinlendirme sürelerine tabi tutulan YHB örnekleri arasında pH ve asitlik değerleri bakımından farklılık tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ). Diğer bir ifadeyle yüksek basınç uygulamasının da keza farklı olgunlaştırma sürelerinin de örneklerin pH ve asitlik değerleri üzerinde etkisi olmamıştır. Literatürde YHB'ın etkisine yönelik olarak; 500 MPa'dan sonra hafif bir artış olsa da genel anlamda 200-600 MPa değerleri arasında pH değerinde fazla bir oynama olmadığı, tüm bu değişikliklerin istatistiki bakımdan önem arz etmediği bildirilmiştir (138,179). Köker (137) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek basınç (400 MPa) ve ısı işlem uygulanan ve uygulanmayan eşek sütünün pH ve asitlik değerlerinde istatistiki bakımdan önemli bir değişim bulunmamıştır.

Örneklerin renk değerlerinden  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri birbirine yakın bulunmuşken, YHB uygulanan mikslerde  $b^*$  değerleri daha yüksek çıkmıştır ( $P<0.05$ ) (Tablo 4.9). Diğer yandan, yüksek hidrostatik basınç uygulanarak farklı sürelerde olgunlaştırılan dondurma mikslерinde, olgunlaştırma süresinin renk parametreleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Protein stabilitesi ortak ve klasik mikste 4.00 bulunurken, yüksek hidrostatik uygulanmış örneklerde artan katılaşma dolayısıyla test yapılamamıştır.

Özgül ağırlık değerleri en düşük ortak miksten elde edilirken, en yüksek değer klasik miksten elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). Hesaplama yolu ile elde edilen özgül ağırlık değeri, ısı uygulamasından kaynaklanan % kurumadde ve su miktarının değişmesi sebebiyle bu iki mikste farklı bulunmuştur. Dondurma mikslерine yüksek basınç uygulanmasının veya dinlendirme süresindeki farklılığın örneklerin özgül ağırlık değerlerinde farklılık oluşturmadığı gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ).

Dondurma mikslерine ait viskozite değerleri Tablo 4.9'de bir araya getirilmiştir. Tabloda da izleneceği üzere; pastörizasyon KYM örneğinin viskozite değerinde bir miktar yükselmeye yol açmış fakat istatistiki bakımdan önemli seviyede bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Öte yandan yüksek hidrostatik basınç

uygulanan örneklerde en yüksek vizkozite değerleri elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). Miks örneklerinin vizkozite değerleri dinlenme süreleri arttıkça artmıştır, ancak aradaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Literatürde dondurma miksine yapılan bir çalışmada benzer sonuca ulaşılmış, viskozite değerindeki bu artışın sebebi YHB döngüsü sırasında dekompresyon ile oluşan proteinli misel parçaları ağı olarak görülmüştür (134).

Gerek miks örneklerinde ve gerekse bu mikslere üretilen dondurma örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı tespit limitinin altında kalmıştır.

#### **4.5 Üçüncü Aşama: Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Dondurmaların Özelliklerine Etkisi**

##### **4.5.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların pH, Asitlik (%), Hacim artışı (%), İlk damlama süresi ve Erime oranları (%)**

Çalışmanın üçüncü aşamasında klasik yöntemle üretilen, YHB uygulanan, YHB uygulandıktan sonra 10 saat dinlendirilen ve YHB uygulandıktan sonra 20 saat dinlendirilen %8 şeker oranlı agaveli dondurma mikslere üretilen; klasik yöntem dondurması (KYD), YHB-0, YHB-10 ve YHB-20 dondurmasının pH, % asitlik, % hacim artışı, ilk damlama süresi ve % erime oranı verileri Tablo 4.10'da bir araya getirilmiştir.

##### **4.5.1.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların pH Değerleri**

KYD, YHB-0, YHB-10 ve YHB-20 örneklerine ait pH değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir. YHB-0 örneklerinin pH değerindeki yükselme ve dinlendirme işlemlerinde (YHB-10 ve YHB-20) oluşan pH'daki hafif değişim istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmamıştır ( $P>0.05$ ). Literatürde yapılan çalışmalarda basınç uygulamasının pH değerini hafif şekilde değiştirdiği ancak bu değişikliğin genellikle istatistiki olarak önemli bulunmadığı görülmüştür. Altuner vd. (138) çalışmalarında, süte 440 MPa'ya kadar basınç uygulamasının örneklerin çoğunda pH değerini arttırdığını ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmuşlardır. YHB uygulaması, kazein miselinde kompleks halde bulunan kalsiyum ve fosfatın ayrılmasına böylece serum fazda bulunan iyonize ve çözünmüş kalsiyum, magnezyum ve fosfat miktarının artmasına sebep olmaktadır

(97,101,108–110,181,182). Mineral maddelerde meydana gelen bu değişimler pH miktarını bir miktar arttırabilmektedir (97,108–110). Ancak sütün yapısında bulunan yağ globülleri YHB işleminin etkisine karşı kazeinleri koruyarak pH değerini göreceli olarak muhafaza etmektedir (116,120,125,181). Yang vd. (120), 600 MPa’da yağsız sütün pH değerinde hafif ve önemli bir artış; tam yağlı sütte ise istatistiksel bakımdan önemli bir değişiklik tespit etmemişlerdir (116,120).

**Tablo 4.10.** YHB uygulanmış dondurma örneklerine ait pH, asitlik (%), hacim artışı değerleri, ilk damlama süresi ve erime oranları

Özellikler	Dondurma örnekleri			
	KYD	YHB-0	YHB-10	YHB-20
pH	6,44±0,021 <sup>a</sup>	6,47±0,015 <sup>a</sup>	6,46±0,010 <sup>a</sup>	6,46±0,005 <sup>a</sup>
Asitlik (%)	0,26±0,038 <sup>a</sup>	0,20±0,005 <sup>a</sup>	0,23±0,006 <sup>a</sup>	0,23±0,015 <sup>a</sup>
Hacim artışı (%)	27,39±4,19 <sup>a</sup>	13,83±0,744 <sup>c</sup>	15,75±3,89 <sup>bc</sup>	18,04±1,297 <sup>ab</sup>
İlk damlama süresi (dk)	29,40±3,15 <sup>b</sup>	56,81±6,46 <sup>a</sup>	61,48±3,24 <sup>a</sup>	69,75±9,96 <sup>a</sup>
Erime oranı (%)	36,47±16,310 <sup>a</sup>	29,61±14,940 <sup>ab</sup>	20,40±6,810 <sup>ab</sup>	6,72±1,473 <sup>b</sup>
<b>Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB)</b>	ND	ND	ND	ND

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harf taşıyanlar arasındaki fark önemli (P<0.05), aynı harf taşıyanlar önemsizdir (P>0.05). KYD: Klasik yöntem dondurma, YHB-0: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş dondurma. ND: Tespit limitinin altında.

#### 4.5.1.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Asitlik (%) Değerleri

Farklı teknolojilerle üretilmiş ve farklı dinlendirme sürelerinde olgunlaştırılmış dondurmaların asitlik değerleri Tablo 4.10’da verilmiştir. Tabloda da görüleceği üzere; basınç uygulaması örneklerin asitlik değerinde bir miktar azalmaya yol açmış, bununla birlikte dinlendirme süresi boyunca asitlik değerleri yeniden yükselmiştir. Ancak asitlik değerlerinde meydana gelen değişim istatistiki bakımdan anlamlı bulunmamıştır (P>0.05). Genel olarak dondurma örneklerinin asitlik değerleri, pH değerleriyle uyum içerisindedir (Tablo 4.10). YHB uygulanan örneklerin asitlik değerinin pH seviyesi ile olan ilişkisi kazein misellerinin tamponlama kapasitesinden kaynaklanmış olabilir (116,125). Yapılan

bir çalışmada yüksek basınç (400 MPa/5 dk) ve ısı işlem uygulanmış (75°C/2 dk) ve uygulanmamış eşek sütünün asitlik değerlerindeki değişim istatistiki bakımdan önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (137).

#### **4.5.1.3 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Hacim Artışı (Overrun) (%) Değerleri**

Araştırmada KYD, YHB-0 ve YHB-10 ve YHB-20 dondurmalarının hacim artışları sırasıyla %27,39, %13,83, %15,75 ve %18,04 olarak bulunmuştur. En yüksek hacim artışı KYD örneklerinden elde edilirken, en düşük hacim artışı YHB uygulanmış ve fakat dinlendirilmemiş örneklerden elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). YHB uygulandıktan sonra dinlendirme süresi arttıkça hacim artışı da tekrar artışa geçmiş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Dondurmanın arzu edilen yapı, kıvam ve hacim genişlemesine ulaşmasında dinlendirme/olgunlaştırma süresinin ehemmiyeti büyüktür. Bu süreçte yağ kristalize olur ve emülgatörlerce homojen dağılımı sağlanır; ayrıca protein ve stabilizatör maddeler tarafından su molekülleri bağlanır. Ancak bu maddelerin etkili olabilmeleri için belirli bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle gerekli dinlendirme süresi en az 4 saatten başlayarak jelatin gibi maddeler kullanılmış ise 24 saate kadar uzayabilmektedir (3). Bu bilgiye dayanarak, YHB-0 ile YHB-10 örneklerinin dinlendirme sürelerinin hacim artışı için gerekli yapıyı sağlamada yetersiz kalmış olabileceği söylenebilir. Çalışmamızda genel anlamda dinlendirme süresi uzadıkça örneklerin overrun değerleri yükselmiştir. Literatürde dinlendirme süresinin ve depolama sıcaklığının dondurmanın reolojik ve duyuşal özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; dondurma 4 ve 24 saat süre ile dinlendirme işlemine bırakılmıştır. Bunun sonucunda kısa süre dinlendirilen dondurmanın overrun değeri %28, uzun süre dinlendirilen dondurmanın overrun değeri ise %40 tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ) (70). KYD dondurmalarına kıyasla YHB-0 örneklerinin overrun değerindeki düşüklüğün sebebinin ( $P<0.05$ ), YHB uygulamasının olumsuz etkisinden ziyade, dinlendirme süresinin eksikliğinden kaynaklandığı düşünülebilir. Nitekim tabloda da görüleceği üzere her ikisi de 20 saat dinlendirilen KYD ile YHB-20 örnekleri arasında istatistiki bakımdan fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Stabilizatör ilavesi, YHB uygulaması (0, 100, 300 MPa) ve olgunlaştırma süresinin (1, 4 ve 8 saat) dondurmanın çeşitli özelliklerine

etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, YHB işleminin hacim artışı değeri üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (136).

#### **4.5.1.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların İlk Damlama Süreleri ve Erime Oranları (%)**

Çalışmada üretilen KYD, YHB, YHB-10 ve YHB-20 dondurmalarına ait ilk damlama süreleri ve % erime oranları Tablo 4.10'de bir araya getirilmiştir. Tabloda da görüleceği üzere, KYD örneklerinin ilk damlama süreleri YHB uygulanan örneklerden daha düşük çıkmıştır ( $P<0.05$ ). YHB uygulanmış örneklerde ilk damlama süresi artmıştır, artışta dinlendirme işleminin de etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak bu etki istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur. Diğer yandan en yüksek erime oranlarına KYD örnekleri sahip olmuştur. En düşük erime oranları ise YHB-20 örneklerinden elde edilmiştir. YHB uygulaması ve dinlendirme süresi YHB-20 örneklerinde erime oranlarını etkilemiştir ve bu değişim önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Başka bir deyişle, ilk damlama süresi ve % erime oranlarına göre dondurmalar arasında en dayanıklı yapı ve formunu koruyan örnek grubu YHB-20 dondurmaları olmuştur. Huppertz vd. (134) çalışmalarında, YHB teknolojisinin dondurma üretimindeki etkisini araştırmışlar; bu doğrultuda dondurma miksine 200 ile 500 MPa ve 0 ile 20 dakika aralıklarında değişen parametrelerde yüksek hidrostatik basınç uygulamışlardır. Araştırmacılar, YHB ile işleme tabi tutulmuş karışımdan elde edilen dondurmanın, işlem görmemiş karışımdan elde edilen dondurmaya göre erimeye karşı daha yüksek derecede direnç gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu durum, dekompresyonun dondurma miksinde ve dondurmada oluşturduğu kazein misel parçalarından oluşan ağ yapısı ile ilişkilendirilmiştir. Bu yapının ürünün viskozitesini arttıracığı ve erime oranını geciktireceği bildirilmiştir (134,183). Bir başka çalışmada ise erime direnci, çalışmamızdakine benzer şekilde dinlendirme süresinin uzamasından etkilenmemiştir (70).

#### **4.5.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Renk Değerleri**

Dondurma örneklerine ait renk ölçümleri Tablo 4.11'de verilmiştir. Dondurma örneklerine ait parlaklık ( $L^*$ ) değerleri klasik yöntemle üretilenlerde yüksek, YHB uygulanmış örneklerde düşüktür, aradaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ). YHB uygulanarak ve dinlendirilerek üretilen dondurma örnekleri arasında  $L^*$

değerleri bakımından fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Benzer durum  $a^*$  değerlerinde de söz konusudur. Dondurma örneklerine ait  $b^*$  değerleri klasik yöntemle üretilen dondurma örneğine kıyasla YHB uygulanmış örneklerde daha yüksek çıkmıştır ( $P<0.05$ ). Ancak YHB uygulanan örneklerde dinlendirmenin  $b^*$  değerlerine etkisi önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

**Tablo 4.11.** YHB uygulanmış dondurma örneklerine ait renk değerleri

Renk değerleri	Dondurma örnekleri			
	KYD	YHB-0	YHB-10	YHB-20
$L^*$	91,89±0,408 <sup>a</sup>	89,39±0,282 <sup>b</sup>	88,96±0,595 <sup>b</sup>	88,73±0,543 <sup>b</sup>
$a^*$	-2,38±0,025 <sup>a</sup>	-2,83±0,062 <sup>b</sup>	-2,77±0,089 <sup>b</sup>	-2,85±0,0538 <sup>b</sup>
$b^*$	13,08±0,034 <sup>b</sup>	15,23±0,492 <sup>a</sup>	15,45±0,397 <sup>a</sup>	15,12±0,393 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harf taşıyanlar arasındaki fark önemli ( $P<0.05$ ), aynı harf taşıyanlar önemsizdir ( $P>0.05$ ). KYD: Klasik yöntem dondurma, YHB-0: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş dondurma.

Dondurmanın, üretilen dondurma çeşidiyle uyumlu renkte ve doğal görünümde olması beklenmektedir (3,9). Buna göre sade dondurma üretmek amacıyla hazırlanan dondurmalarından beklenen doğal renk beyazdır. Sütün ve dolayısıyla dondurmanın arzu edilen beyaz rengi, bileşimindeki kazein miselleri ve yağ globüllerinin ışığı yansıtmasından ileri gelmektedir (80). Oysa YHB işlemi özellikle 400 MPa ve üzeri basınçlarda kazein misellerinde parçalanmaya (97,103) ve yağ globül çapında büyümeye (111,112) yol açmaktadır (100,124,184). Yağ globüllerinin boyutundaki bu değişiklik ise ışığın saçılımını azaltmakta böylece ürünün daha koyu renkli görünmesine neden olmaktadır (100,124,184). Genel anlamda çalışmalarda  $L^*$  değerinin basınca doğrudan bağlı şekilde azaldığı görülse de,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sütün türünden bileşimine, çalışmadaki pek çok parametreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (116,125). Nitekim farklı basınçlarda YHB işlemine tabi tutulan keçi sütü örneklerinin 500 MPa'daki renk değerleri incelendiğinde, basınç uygulamasının sütün  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerinde azalmaya yol açtığı görülmüş (124); diğer yandan koyun sütünde yapılan başka bir çalışmada, süte 100-500 arası farklı basınç-sıcaklık-süre kombinasyonlarında YHB uygulanmış ve basınç artışının  $L^*$  değerinde azalmaya  $a^*$  ve  $b^*$  değerinde ise artmaya neden olduğu bildirilmiştir (122).

### 4.5.3 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite (%) Değerleri

Dondurma örneklerine ait fenolik madde miktarları Tablo 4.12’de bir araya getirilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, dondurma örneklerine ait fenolik madde miktarları arasında önemli bir fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Diğer bir ifadeyle yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulanmasının ve dinlendirme süresinin dondurma örneklerinde fenolik madde miktarları üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Yüksek hidrostatik basınç (400 MPa/10 dk, 500 MPa/5 dk, 600 MPa/2.5 dk) ve yüksek sıcaklıkta kısa süre uygulamasının (HTST) (110 °C/8,6 s) mor tatlı patates nektarının çeşitli özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, basınç uygulamasının örneklerin toplam fenol içeriğini değiştirmedeği kaydedilmiştir ( $P>0.05$ ) (185,186).

**Tablo 4.12.** YHB uygulanmış dondurma örneklerinin fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerleri

Özellikler	Dondurma örnekleri			
	KYD	YHB-0	YHB-10	YHB-20
<b>Fenolik madde</b> (mg GAE/kg)	393,7±28,000 <sup>a</sup>	388,0±40,200 <sup>a</sup>	392,8±33,0 <sup>a</sup>	394,6±32,0 <sup>a</sup>
<b>Antioksidan aktivite</b> (%)	25,708±1,272 <sup>a</sup>	25,041±1,992 <sup>a</sup>	24,998±1,534 <sup>a</sup>	25,185±1,611 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harf taşıyanlar arasındaki fark önemli ( $P<0.05$ ), aynı harf taşıyanlar önemsizdir ( $P>0.05$ ). KYD: Klasik yöntem dondurma, YHB-0: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş dondurma.

YHB uygulanan ve farklı sürelerde dinlendirilen agave şurubu ilaveli dondurma örneklerine ait antioksidan aktivite (%) değerleri Tablo 4.12’de sunulmuştur. Tabloda da görüleceği üzere KYD ile YHB uygulanan örneklerin antioksidan aktivite değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bir başka deyişle dondurma örneklerine uygulanan YHB uygulaması ve dinlendirme işlemi örneklerin antioksidan aktivite değerlerinde istatistiki açıdan önemli bir fark meydana getirmemiştir ( $P>0.05$ ). Literatürde portakal suyu ve meyve karışımı (186,187), greyfurt reçeli (186,188), mor tatlı patates nektarı (185,186) gibi YHB uygulanan çeşitli gıdalarda da benzer sonuçlara rastlanmıştır ( $P>0.05$ ). Yapılan bir

çalışmada farklı tür agave şuruplarının antioksidan aktivite değerleri %8,71 ile 52,2 aralığında bulunmuştur (42).

#### 4.5.4 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Tekstürel Özellikleri

Dondurma örneklerine ait tekstürel analiz sonuçları Tablo 4.13’de sunulmuştur. İyi kalitede bir dondurmanın; porsiyonlamada ve tüketimde erime özelliklerinde zorluklara yok açacak kadar sert yapıda olması ve ayrıca fazla yumuşak-dayanaksız bir yapıda olması tercih edilmez (9,160,165,166).

**Tablo 4.13.** YHB uygulanmış dondurma örneklerinin tekstürel özellikleri

Tekstürel özellikler	Dondurma örnekleri			
	KYD	YHB-0	YHB-10	YHB-20
Sertlik (g)	360,13±119,700 <sup>c</sup>	776,88±86,600 <sup>b</sup>	1436,50±125,500 <sup>a</sup>	1531±129,500 <sup>a</sup>
Kohezyon	0,240±0,048 <sup>a</sup>	0,163±0,035 <sup>ab</sup>	0,158±0,022 <sup>b</sup>	0,130±0,038 <sup>b</sup>
Adezyon (g)	81,88±129,500 <sup>b</sup>	108,25±40,000 <sup>ab</sup>	124,63±10,870 <sup>ab</sup>	153,50±45,200 <sup>a</sup>
Esneklik	0,80±0,073 <sup>a</sup>	0,73±0,046 <sup>a</sup>	0,85±0,107 <sup>a</sup>	0,86±0,124 <sup>a</sup>
Sakızimsılık (g)	83,65±25,600 <sup>c</sup>	126,25±39,200 <sup>bc</sup>	226,98±35,600 <sup>a</sup>	199,36±56,400 <sup>ab</sup>
Çiğnenebilirlik (g)	66,70±17,94 <sup>b</sup>	92,70±31,3 <sup>b</sup>	190,30±13,15 <sup>a</sup>	173,20±59,7 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harf taşıyanlar arasındaki fark önemli (P<0.05), aynı harf taşıyanlar önemsizdir (P>0.05). KYD: Klasik yöntem dondurma, YHB-0: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş dondurma.

Tablodan da izleneceği üzere, dondurma örneklerinde YHB uygulaması sertlik değerini artırmıştır (P<0.05). Diğer bir ifadeyle, en yumuşak ve dayanaksız olarak nitelendirilebilecek örnek grubu klasik metot ile üretilen dondurmalar olmuştur. İlaveten dinlendirme süreleri arttıkça YHB uygulanan örneklerin sertlik değerleri de artmıştır. KYD, YHB-0 ve YHB-10/YHB-20 örnekleri arasındaki fark önemli (P<0.05) bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada benzer şekilde dinlendirme süresinin 4 saatten 24 saate uzamasının dondurmanın sertliğini arttırdığı bildirilmiştir (P<0.05) (70). Lim vd. (135) tarafından yapılan bir çalışmada, düşük yağlı dondurmanın yapısal ve tekstürel özellikleri üzerine yüksek hidrostatik basınç uygulanmış peyniraltı suyu protein konsantresinin (WPC) etkisi incelenmiştir. Araştırmada 300 MPa/15 dk yüksek hidrostatik basınç uygulamasına tabi tutulmuş peyniraltı suyu protein konsantresi katkılı düşük yağlı dondurmaların sertlik değeri diğer gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur (P<0.05).

Kohezyon (İç yapışkanlık) değerleri en yüksek KYD örneğinde göslenirken, en düşük YHB-20 örneğinden elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). KYD ile kıyaslandığında Kohezyon değerleri YHB uygulamasından etkilenmiştir ( $P<0.05$ ). Yine dinlendirme süreleri arttıkça kohezyon değeri düşmüştür ( $P>0.05$ ) (Tablo 4.13).

Adezyon (Dış yapışkanlık) değerleri klasik yöntemle üretilen örnekte en düşük bulunmuş, YHB uygulanan örneklerde ise yüksek bulunmuştur. Dinlendirme süresi arttıkça adezyon değerleri de artmıştır, ancak fark önemsiz çıkmıştır ( $P>0.05$ ).

Esneklik değerleri YHB-10 ve YHB-20 örneklerinde yüksek çıksa da, dondurma örneklerinin esneklik değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Sakızimsılık değeri en yüksek YHB-10 örneğinde ve en düşük değer klasik yöntemle üretilen dondurma örneğinden elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). YHB uygulaması sakızimsılık değerini artırmıştır. Dinlendirme sürelerinin etkisi değişken bulunmuştur. Ancak YHB-10 örneğinin sakızimsılık değeri KYD ve YHB-0 örneklerinkinden istatistiksel olarak farklı ( $P<0.05$ ) çıkmıştır.

Öte yandan en yüksek çiğnenebilirlik değeri YHB-10 dondurmasından ve en düşük çiğnenebilirlik değeri de KYD örneğinden elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; YHB-10 ile YHB-20 örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri KYD ve YHB-0 örneklerinden önemli ( $P<0.05$ ) derecede farklı çıkmıştır. Bu durumda çiğnenebilirlik değerlerine hem YHB uygulaması ve hem de dinlendirme işlemi etkili olmuştur denebilir.

Belirtilen tekstürel parametrelere ilişkin, dondurmaya YHB uygulanmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle farklı gıdalarda konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Sevinir Bakla (189) çalışmasının raf ömrü analizlerinde badem ezmesine 450 MPa/5 dk basınç uygulamış ve depolamanın 0. gününde elde edilen tekstür verilerinde basınç uygulamasının örneğin sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini arttırdığını; esneklik değerini değiştirmedığını; yapışıklık (İç yapışkanlık) değerini ise azalttığını bildirmiştir. Bir diğer çalışmada Gouda peynirine 50-400MPa arasında YHB işlemi uygulanmış ve peynirin reolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Sonuçta 400 MPa basınç uygulaması peynirin tekstürel özelliklerinden ilk sertliğini arttırmış

( $P<0.05$ ), ikincisini azaltmış ( $P>0.05$ ), kohezyon değerini arttırmış ( $P<0.05$ ), esnekliği değiştirmemiş ( $P>0.05$ ) ve sakızimsılığı arttırmıştır ( $P<0.05$ ) (190).

#### 4.5.5 Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulanmış Dondurmaların Duyusal Özellikleri

**Tablo 4.14.** YHB uygulanmış dondurma örneklerinin duyusal test sonuçları

Duyusal özellikler	Dondurma örnekleri			
	KYD	YHB-0	YHB-10	YHB-20
Renk ve görünüş	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>
Sertlik	7.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
Pürüzlü yapı	7.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>
Buzlu yapı	7.5 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>
Sakızımsı yapı	7.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>
Ağızda erime	7.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>
Soğukluk şiddeti	8.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
Tatlılık düzeyi	9.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>
Genel beğeni	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki ortalama değerlerden farklı harf taşıyanlar arasındaki fark önemli ( $P<0.05$ ), aynı harf taşıyanlar önemsizdir ( $P>0.05$ ). KYD: Klasik yöntem dondurma, YHB-0: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve dinlendirilmemiş dondurma, YHB-10: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 10 sa dinlendirilmiş dondurma, YHB-20: Yüksek hidrostatik basınç uygulanmış ve 20 sa dinlendirilmiş dondurma.

Dondurma örneklerine uygulanan duyusal analiz sonuçları Tablo 4.14'te verilmiştir. Tabloda her bir parametre için verilen sayılar  $N=20$  verinin medyan değerini göstermektedir. Puanlar homojen dağılım göstermedikleri için veriler Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. Üretilen dondurma örneklerinin renk ve görünüş puanları medyan değerleri arasında fark çıkmamıştır ( $P>0.05$ ). Bu sonuç dondurma örneklerinin her birinin sade tip dondurmanın renk ve görünümüne kabul edilebilir derecede yakın bulunduğunu ifade etmektedir. Duyusal parametrelerden sertliğin değerlendirmesinde, en düşük puan fazla yumuşaklık veya sertlik kusurunu, en yüksek puan ise ideal sertliği ifade etmektedir. Buna göre en ideal tüketim sertliğine sahip dondurma grubu YHB-0 olmuştur. ( $P>0.05$ ).

Dondurmadaki yapısal kusurlardan olan pürüzlü ve buzlu yapının değerlendirilmesinde, en yüksek puan kusurun bulunmadığını ifade etmektedir. Yüksek basınç uygulanmış örnekler pürüzlü yapı bakımından en yüksek puanı almıştır, ancak dinlendirmenin pürüzlü yapı üzerinde etkisi olmamıştır. İlaveten pürüzlü yapı bakımından incelenen tüm örnekler arasında istatistiksel olarak fark

bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Buzlu yapı bakımından yüksek basınç uygulanan örnekler, KYD örneğinden daha yüksek puana (kusursuz) sahip olmuştur. Buzlu yapı bakımından, en yüksek kusursuzluk puanına YHB-20 örneği sahip olmuştur. İncelenen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Örneklerin sakızimsılık özelliği bakımından değerlendirilmesinde (Tablo 4.14), en yüksek puan ideal orandaki sakızimsılığı ifade etmektedir. Örnekler arasında en düşük sakızimsılık medyan değeri YHB-0 örneğinden elde edilirken, en yüksek sakızimsılık medyan değerleri YHB-10 ve YHB-20 örneklerinden elde edilmiştir. Ancak incelenen tüm örnekler arasında sakızimsılık değerleri bakımından fark önemsiz ( $P>0.05$ ) çıkmıştır.

Ağızda erime özelliği bakımından, en düşük puan çok hızlı erimeyi ve en yüksek puan ise ağızda tadın algılanabileceği kadar ideal sürede erimeyi ifade etmektedir. Bu doğrultuda KYD örneklerine, YHB uygulanmış örnekler daha yüksek puan almıştır. Bir başka ifadeyle, yüksek hidrostatik basınç uygulamasının ağızda erime süresini olumlu derecede yavaşlattığı söylenebilir. Fakat, yapılan istatistiksel analizler neticesinde örnekler arasındaki fark önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Duyusal değerlendirme sırasında en düşük puan aşırı soğukluğu, en yüksek puan ise dondurma için ideal tüketim soğukluğunu ifade etmektedir. Duyusal olarak test edilen örneklere ait soğukluk şiddeti değerleri Tablo 4.14'te sunulmuştur. Örnekler içerisinde en düşük soğukluk şiddeti değeri YHB-20 örneklerinden elde edilmiştir. Bu örnek diğer dondurma gruplarına nazaran ağızda daha soğuk algılanmıştır ( $P>0.05$ ).

Tatlılık puanları bakımından en düşük puan YHB-0 örneğinden elde edilmiştir. KYD, YHB-10 ve YHB-20 örnekleri tatlılık bakımından aynı puanı (9 puan) almışlardır. Yapılan istatistiksel analizler neticesinde örneklerin tatlılık puanları arasında fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Zira tüm örnekler %8 oranında tatlandırıcı madde içermektedir.

Tüm bu duyusal parametreler dikkate alınarak yapılan genel değerlendirmede, istatistiksel olarak önemli çıkmasa da ( $P>0.05$ ), panelistlerin tercihi çoğunlukla yüksek basınç uygulanarak dinlendirilen örnekler olmuştur. Zira genel beğeni bakımından YHB-10 ile YHB-20 örnekleri en yüksek değeri

almıştır. Ancak aritmetik ortalama dikkate alındığında (7.85) YHB-10 örneği genel beğeni bakımından en yüksek değer ile en çok tercih edilen örnek olmuştur.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada dondurma üretiminde şeker oranının düşürülmesi ve farklı doğal tatlandırıcılar kullanılarak üretilen dondurmaların özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Ayrıca şeker oranının düşürülmesi ile zayıflayan özelliklerin yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulamasıyla düzeltilmesi çalışmada ayrı bir amaç olmuştur. Çalışma üç aşamada tamamlanmıştır. İlk aşamada; %6, 8, 10 ve 15 farklı şeker oranları dikkate alınarak sakaroz (SD), Agave şurubu (AGD) ve Akçaağaç şurubu (AKD) ilaveli dondurma örnekleri üretilmiş ve her grup için kabul edilebilir en düşük şeker oranı tespit edilmiştir. İkinci aşamada; ilk aşama sonunda elde edilen en ideal şeker oranına (%8) sahip sakaroz ilaveli dondurma, Agave ilaveli dondurma ve Akçaağaç ilaveli dondurma örnekleri yeniden üretilmiş ve fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikler açısından karşılaştırılmıştır. Son aşamada; ikinci aşamada uygun bulunan AGD örneği yeniden üretilerek Yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulanmış ve farklı sürelerde olgunlaştırılmıştır. Son aşamada YHB uygulamasının ve olgunlaştırma süresinin dondurmanın çeşitli özelliklerine etkileri incelenmiştir. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Birinci aşamada;

1. Sakarozlu dondurmalar için klasik dondurma reçetelerinde genellikle %15 olarak dikkate alınan şeker oranı kabul edilebilir en düşük seviyeye, %8'e indirilmiştir.
2. Klasik üretimde kullanılan sakarozlu dondurmaya alternatif olarak, dondurma üretiminde Agave ve Akçaağaç şurubu gibi doğal şeker kaynaklarından yararlanılması ve aynı zamanda kabul edilebilir en düşük şeker oranlarında (%8) kullanılması sağlanmıştır.

İkinci aşamada;

3. Üretilen SD, AGD ve AKD örneklerinin kurumadde, yağsız kurumadde, yağ, protein, şeker, kül, toplam kalori değerleri benzer bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Şurup ilaveli AGD ve AKD gruplarının asitlik değerleri daha yüksek, pH değerleri daha düşük saptanmıştır.

4. Analiz edilen dondurma örnekleri içerisinde en yüksek overrun değeri SD grubunda görülmüştür ( $P<0.05$ ). Bu grup aynı zamanda en yüksek % erime oranı ve en düşük şekil muhafaza değerini veren dondurma örneği olmuştur ( $P<0.05$ ). Öte yandan ilk damlama süresi bakımından AGD örnekleri en erken damlama gösteren grup olmuştur ( $P<0.05$ ).
5. Üretilen dondurma örnekleri arasında en yüksek parlaklık ( $L^*$ ) değerine SD örneği sahip olurken, en düşük parlaklık ( $L^*$ ) değerine AKD örneği sahip olmuştur ( $P<0.05$ ). En düşük  $a^*$  değerine sahip örnek SD olurken ( $P<0.05$ ), en yüksek  $b^*$  değerine sahip örnek AGD örneği olmuştur ( $P>0.05$ ).
6. Araştırma kapsamında üretilen dondurma örneklerinden AGD örneği daha yüksek fenolik madde içeriği ve yüzde antioksidan aktivite değerine sahip olmuştur ( $P<0.05$ ).
7. Dondurma örneklerinin tekstürel analizlerinde; en yüksek sertlik değerine AKD örneği sahipken; en düşük sertlik ( $P<0.05$ ) ve en yüksek kohezyon değerine sahip örnek SD örneği olmuştur ( $P>0.05$ ). En yüksek adezyon ( $P<0.05$ ) ve elastikiyet değerine ( $P>0.05$ ) AKD örneği sahip olmuştur. Öte yandan en yüksek sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerine AGD örneği sahip olmuştur ( $P<0.05$ ).
8. Farklı şeker kaynaklarından üretilen dondurmaların duyuusal değerlendirmesinde test edilen her bir parametre için örnekler arasında fark bulunamamıştır ( $P>0.05$ ). Ancak renk ve görünüş (9.0), tatlılık (8.5) ve genel beğeni (8.0) özelliklerinde AGD örneği en yüksek puanları almıştır ( $P>0.05$ ). Ayrıca pürüzlü yapı ve buzlu yapı, ağızda çok hızlı olarak erime gibi dondurmada kusur olarak algılanan özellikler bakımından AGD daha başarılı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Üçüncü aşamada;

9. Dondurma örneklerine YHB uygulaması ile farklı sürelerde dinlendirme işlemi, örneklerin pH ve asitlik değerlerinde meydana getirdiği değişiklikler önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). KYD örnekleri dondurmalar arasında en yüksek overrun değerine sahip iken, en erken damlama gösteren ( $P<0.05$ ) ve en fazla erime oranına sahip dondurmalar olmuştur ( $P>0.05$ ).

10. Analiz edilen dondurma örneklerinin tekstürel değerlendirmesinde; YHB uygulamasının ve ayrıca dinlendirme süresinin uzamasının örneklerin sertlik değerini arttırdığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Örnekler arasında en yüksek kohezyon, en düşük sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri KYD grubunda görülmüştür. Dondurma örneklerinin adezyon ve esneklik değerlerinde gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ).
11. Renk parametrelerinden parlaklık ( $L^*$ ) değerleri YHB uygulanan örneklerde daha düşük bulunmuş, diğer bir ifadeyle basınç uygulaması örneklerin renginin koyulaşmasına sebep olmuştur. YHB uygulanarak dinlendirilerek üretilen dondurma örnekleri arasında  $L^*$  değerleri bakımından fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Benzer durum  $a^*$  değerlerinde de söz konusudur. Dondurma örneklerine ait  $b^*$  değerleri klasik yöntemle üretilen dondurma örneğine kıyasla YHB uygulanmış örneklerde daha yüksek çıkmıştır ( $P<0.05$ ). Ancak YHB uygulanan örneklerde dinlendirmenin  $b^*$  değerlerine etkisi önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).
12. Farklı üretim yöntemleriyle üretilen ve farklı dinlendirme sürelerinde olgunlaştırılan agaveli dondurmaların fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktivite değerleri arasında fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).
13. Çalışmanın üçüncü aşamasında üretilen dondurma örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayıları tespit limitinin altında bulunmuştur.
14. Üretilen dondurma örneklerinin duyuşal değerlendirmesinde YHB-0 örneği en ideal sertlikte bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Dondurmaların renk ve görünüş puanlarının medyan değerleri arasında fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Pürüzlü yapı ve buzlu yapı itibariyle YHB-20 örnekleri bu yapı kusurlarına en az rastlanan grup olmuştur ( $P>0.05$ ). Fakat aynı zamanda soğukluk şiddeti en fazla hissedilen grup da YHB-20 dondurmaları olmuştur ( $P>0.05$ ). Örneklerin sakızimsılık değerleri incelendiğinde en yüksek sakızimsılık medyan değerleri YHB-10 ve YHB-20 örneklerinden elde edilmiştir ( $P>0.05$ ). Ağızda en hızlı eriyen dondurma grubu KYD örnekleri olmuştur ( $P>0.05$ ). Tatlılık değeri YHB-0 örneğinde 8.00 çıkmışken, diğer örneklerde 9.00 değerini

almıştır. Genel beğeni bakımından YHB-10 ile YHB-20 örnekleri en fazla tercih edilen dondurmalar olmuş, ancak aritmetik ortalama dikkate alındığında (7.85) YHB-10 örneği en yüksek değeri almıştır.

Sonuç olarak yapılan çalışmada dondurmada kullanılan şeker miktarı düşürülmüş, aynı zamanda sakaroz yerine doğal tatlandırıcıların kullanılmasına odaklanılmıştır. Fakat doğal tatlandırıcıların dondurma üretiminde kullanımı gelişmeye açık bir konudur. Akçaağaç ve agave şurubu başta olmak üzere, doğal şekerlerin dondurmada kullanımıyla ilgili çalışmalar arttırılabilir. Araştırma, YHB uyguladıktan sonra dondurmanın gelişen kalite özellikleri ve ayrıca miksin dinlendirmeden ve dinlendirilerek dondurmaya işlenebilirliği konusunda önemli sonuçlar sunmaktadır. YHB'nin dondurma miksi ve dondurmadaki etkilerine yönelik çok daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.)

1. Coşkun H. Yoğurt dondurması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg. 1998;29(2):354–8.
2. Tekinşen OC, Tekinşen KK. Süt ve Süt Ürünleri: Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü. Konya: Selçuk Üniversitesi Basımevi; 2005.
3. Tekinşen C. Dondurma Teknolojisi. 632nd ed. Ankara: TübitakYayımları; 1987. 44 p.
4. Çağlar B. Antik dünyadan modern zamana; Kar, buz ve dondurma. TSE Stand. 2010;579:21–5.
5. Tekinşen KK. Geçmişten günümüze ağızda uyanan lezzet maraş dondurması. Unlu Mamul Teknol Derg. 2006;15(75):34–40.
6. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü Dış Pazar Stratejileri Çalışma Grubu. Dondurma Dış Pazar Çalışması. 2016.
7. TÜİK. Dış Ticaret İstatistikleri (Genel Ticaret Sistemi) / Tarife 6'ya Göre Dış Ticaret [Internet]. Available from: <https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/SC-2851FY777F34D2R/db-9e59be0de2nsx9a?filters=18792%3D2020%2618792%3D2021%2618792%3D2022%2619265%3D210500> - Dondurma ve yenilen diğer buzlar - (KG)&mode=&token=8d79727fff862a891ce574d27220bfebbf66fed
8. Gürsoy A. Dondurma teknolojisi. In: Yetişemiyen A, editor. Süt teknolojisi. 1560th ed. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2013. p. 263–98.
9. Gürsel A, Karacabey A. Dondurma Teknolojisine İlişkin Hesaplamalar, Reçeteler ve Kalite Kontrol Testleri. 1498th ed. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 1998. 87 p.
10. İşgören A, Sungur S. Tatlandırıcılar. Lectio Sci J Heal Nat Sci. 2019;3(1):19–32.
11. Moore JB, Fielding BA. Sugar and metabolic health: is there still a debate? Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2016;19(4):303–9.
12. Sheiham A, James WPT. A reappraisal of the quantitative relationship between sugar intake and dental caries: The need for new criteria for developing goals for sugar intake. BMC Public Health. 2014;14(1):1–8.
13. Malik VS, Pan A, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis. Am J Clin Nutr. 2013;98(4):1084–102.
14. WHO. Diet, Nutrition and The Prevention Of Chronic Diseases. World Health Organ Tech Rep Ser. Geneva: WHO; 2003; 916 p.
15. Tanker M, Çitoğlu G. Şeker yerine kullanılabilir doğal tatlandırıcılar. FABAD Farmasötik Bilim Derg. 1993;18:19–25.
16. Aytaç F. Doğal tatlandırıcıların (stevia ve akçaağaç şurubu) sütlü tatlıların fiziksel, kimyasal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. Namık Kemal Üniversitesi; 2017.
17. Özdemir D, Başer H, Çakır B. Tatlandırıcılar. Türkiye Klin J Endocrinol. 2014;9(2):60–70.
18. Suez J, Korem T, Zeevi D, Zilberman-Schapira G, Thaiss CA, Maza O, et al. Artificial

- sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*. 2014;514(7521):181–6.
19. Kızılaslan N. Tatlandırıcılar ve metabolizma hastalıklarıyla ilişkisi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknol Derg*. 2017;5(2):191–8.
  20. Küçükkömürler S, Taş O. Gıda endüstrisinde kullanılan tatlandırıcılar. *Akademik Gıda: Gıda Bilim ve Teknol Derg*. 2008;6(1):23–7.
  21. Fowler SPG. Low-calorie sweetener use and energy balance: Results from experimental studies in animals, and large-scale prospective studies in humans. *Physiol Behav*. 2016;164(Pt B):517–23.
  22. Pepino MY. Metabolic effects of non-nutritive sweeteners. *Physiol Behav*. 2015;152(Pt B):450–5.
  23. De Koning L, Malik VS, Rimm EB, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened and artificially sweetened beverage consumption and risk of type 2 diabetes in men. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(6):1321–7.
  24. Sudan P, Kaur R, Sharma S, Jain UK. A critical review on natural and artificial sweeteners. *Pharm Chem J*. 2016;3(1):21–9.
  25. Sardesai VM, Waldshan TH. Natural and synthetic intense sweeteners. *J Nutr Biochem*. 1991;2(5):236–44.
  26. González-Montemayor ÁM, Flores-Gallegos AC, Serrato-Villegas LE, López-Pérez MG, Montañez-Sáenz JC, Rodríguez-Herrera R. Honey and Syrups: Healthy and natural sweeteners with functional properties. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. *Natural beverages: Volume 13: The Science of Beverages*. Academic Press; 2019. p. 143–77.
  27. Yaşar MM. Şeker Teknolojisi [Internet]. [cited 2022 Nov 30]. Available from: <https://www.foodelphi.com/seker-teknolojisi-m-mirac-yasar/>
  28. Priya K, Gupta VRM, Srikanth K. Natural sweeteners: a complete review. *J Pharm Res*. 2011;4(7):2034–9.
  29. Chéron JB, Marchal A, Fiorucci S. Natural sweeteners. In: Melton L, Shahidi F, Varelis P, editors. *Encyclopedia of food chemistry*. Amsterdam: Elsevier Inc.; 2019. p. 189–95.
  30. Evrendilek GA, Mehmetoğlu AÇ, Coşansu S, Erkmen O. Yeni yöntemlerle gıdaların korunması. In: Erkmen O, editor. *Gıda mikrobiyolojisi*. 5th ed. Ankara: Efil Yayınevi; 2017. p. 308–45.
  31. Bi W, Gao Y, Shen J, He C, Liu H, Peng Y, et al. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple): A review. *J Ethnopharmacol*. 2016;189:31–60.
  32. Perkins TD, van den Berg AK. Maple syrup-production, composition, chemistry, and sensory Characteristics. In: Taylor S, editor. *Advances in food and nutrition research*. 1st ed. Elsevier Inc.; 2009. p. 101–43.
  33. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). FoodData Central-Syrups, maple [Internet]. FoodData Central. 2019 [cited 2023 Apr 30]. p. [fdc.nal.usda.gov](https://fdc.nal.usda.gov). Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169661/nutrients>
  34. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). FoodData Central-Sugars, granulated [Internet]. FoodData Central. 2019 [cited 2023 Apr 30]. p. [fdc.nal.usda.gov](https://fdc.nal.usda.gov). Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169655/nutrients>
  35. Özdaş M. Akçağaç Şurubu ve Kullanım Alanları [Internet]. [cited 2022 Nov 28]. Available from: <https://www.bilgiustam.com/akcaagac-surubu-ve-kullanim-alanlari/>
  36. Öner N, Bilgili BC, Çorbacı ÖL. Türkiye’de peyzaj tasarımında kullanılacak doğal

- akçaağaç türlerimizin potansiyel yetiştirme alanlarının cbs yardımıyla belirlenmesi. In: III Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu. Kahramanmaraş; 2014. p. 631–40.
37. Polat S. Fransız Akçaağacı (*Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum*) 'nın Türkiye'de yeni bir yayılış alanı. *Marmara Coğrafya Derg.* 2014;30:140–53.
  38. Villanueva-Rodríguez SJ, Rodríguez-Garay B, Prado-Ramírez R, Gschaedler A. Tequila: raw material, classification, process, and quality parameters. *Encycl Food Heal.* 2016;1:283–9.
  39. Maldonado-Guevara BI, Martín del Campo ST, Cardador-Martínez A. Production process effect on Mexican Agave syrups quality: A preliminary study. *J Food Res.* 2018;7(3):50.
  40. Romero-López MO, Osorio-Díaz P, Flores-Morales A, Robledo N, Mora-Escobedo R. Chemical composition, antioxidant capacity and prebiotic effect of aguamiel (*Agave atrovirens*) during in vitro fermentation. *Rev Mex Ing Quim.* 2015;14(2):281–92.
  41. Jahromi R, Reimann L, Thomas F, Jamin E, Hammond D. Critical Assessment of Methodologies used for the Characterization of Agave Syrups. A Eurofins white Pap. 2014;13:0–12.
  42. Velázquez Ríos IO, González-García G, Mellado-Mojica E, Veloz García RA, Dzul Cauich JG, López MG, et al. Phytochemical profiles and classification of Agave syrups using 1H-NMR and chemometrics. *Food Sci Nutr.* 2019;7(1):3–13.
  43. Andrea M, Brouns F, van de Heuvel I. Fruit Syrups: Sweet concentrated sources. *World Food Ingredients.* 2016;44–6.
  44. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(1):5–56.
  45. Mellado-Mojica E, López-Perez MG. Comparative analysis between blue agave syrup (agave tequilana weber var. azul) and other natural syrups. *Agrociencia.* 2013;47(3):233–44.
  46. Narváez-Zapata JA, Sánchez-Teyer LF. Agaves as a raw material: recent technologies and applications. *Recent Pat Biotechnol.* 2009;3(3):185–91.
  47. Erkaya T, Dağdemir E, Sengül M. Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. *Food Res Int.* 2012;45(1):331–5.
  48. Kırmacı, H.A., Kuşçu, H., Atasoy F. Farklı oranlarda prebiyotik lif içeren Stevia özütü ilavesinin prebiyotik dondurmanın kalite özellikleri etkisi. *Harran J Agric Food Sci.* 2014;18(3):48–59.
  49. Aliyev C. Kefir ve yaban mersininin dondurmanın fizikokimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi;* 2006.
  50. Güzeler N, Doğdu L, Özbek Ç. Farklı Oranlarda Keçi ve inek sütü kullanılarak üretilen dondurmaların depolama süresince fizikokimyasal ve duyuusal özelliklerindeki değişimler. *Cukurova Univ Agric Fac.* 2019;2(34):79–90.
  51. Temiz H, Faruk YeşilSu A. Effect of pekmez addition on the physical, chemical, and sensory properties of ice cream. *Czech J Food Sci.* 2010;538(6):538–46.
  52. Kesenkaş H, Akbulut N, Yerlikaya O, Akpınar A, Açu M. Kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg.* 2013;50(1):1–12.
  53. Kavaz A, Yüksel M, Dağdemir E. Determination of certain quality characteristics, thermal and sensory properties of ice creams produced with dried Besni grape (*Vitis vinifera* L.). *Int J Dairy Technol.* 2016;69(3):418–24.

54. Kavaz Yuksel A. The Effects of Blackthorn (*Prunus Spinosa*L.) addition on certain quality characteristics of ice cream. *J Food Qual.* 2015;38(6):413–21.
55. Atsan E, Çağlar A. Dondurmanın bazı fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine farklı emülgatörlerin etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 2008;39(1):75–81.
56. Ürkek B, Gürmeriç HE, Şengül M. Chia (*Salvia hispanica* L.) ilavesinin dondurmanın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisi. *Gıda / J Food.* 2021;46(1):180–9.
57. Aloğlu Şanlıdere H, Gökgöz Y, Bayraktar M. Kocayemiş (Dağ çileği-*Arbutus unedo* l.) meyveli dondurma üretimi, fiziksel, kimyasal ve duyuşal parametreler açısından irdelenmesi. *Gıda / J Food.* 2018;43(6):1030–9.
58. Demir Ş. Ayva çekirdeği ekstraktının dondurma üretiminde etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;* 2019.
59. Kurt A, Atalar I. Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocoll.* 2018;82:186–95.
60. Pon SY, Lee WJ, Chong GH. Textural and rheological properties of stevia ice cream. *Int Food Res J.* 2015;22(4):1544–9.
61. Yücegönül G. Dondurma üretiminde stabilizatör olarak *Boswellia carterii* (Akgünlük) sakızının salep (*orchidaceae*) ve diğer stabilizatörlere alternatif olarak kullanım olanaklarının araştırılması. *Harran Üniversitesi;* 2020.
62. Çubukçı S. Erzurum piyasasında tüketime sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi. *Atatürk Üniversitesi;* 2016.
63. Aydın N. Erzurum ilinde satılan ambalajlı ve ambalajsız dondurmaların bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi;* 2010.
64. Kolancıyan, Manuk A. İstanbul ilinde satışa sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi;* 2016.
65. Badayman M. Aydın ilinde açıkta satışa sunulan sade roma dondurmalarında hijyen ve kimyasal kalitenin belirlenmesi. *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi;* 2018.
66. Mellado-Mojica E, López MG. Identification, classification, and discrimination of agave syrups from natural sweeteners by infrared spectroscopy and HPAEC-PAD. *Food Chem.* 2015;167:349–57.
67. Stuckel JG, Low NH. The chemical composition of 80 pure maple syrup samples produced in North America. *Food Res Int.* 1996;29(3–4):373–9.
68. Singh AS, Jones AMP, Saxena PK. Variation and correlation of properties in different grades of Maple syrup. *Plant Foods Hum Nutr.* 2014;69(1):50–6.
69. Nimalaratne C, Blackburn J, Lada RR. A comparative physicochemical analysis of maple (*Acer saccharum* Marsh.) syrup produced in North America with special emphasis on seasonal changes in Nova Scotia maple syrup composition. *J Food Compos Anal.* 2020;92:103573.
70. Akalin AS, Karagözlü C, Ender G, Ünal G. Effects of aging time and storage temperature on the rheological and sensory characteristics of whole ice cream. *Milchwissenschaft.* 2008;63(3):293–5.
71. Antepüzümü F. Bal ve glikoz şurubu kullanımının karamanmaraş tipi dondurmaların kalitesi üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi;* 2005.
72. Ozdemir C, Arslaner A, Ozdemir S, Allahyari M. The production of ice cream using stevia as a sweetener. *J Food Sci Technol.* 2015;52(11):7545–8.

73. Muse MR, Hartel RW. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. In: Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association; 2004. p. 1–10.
74. Yaşar K, Şahan N. Kahramanmaraş-tipi dondurmaların fiziksel ve duyu özellikleri üzerine bal ve pekmez kullanımının etkileri. In: Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs. Erzurum; 2008. p. 795–8.
75. Mohammed OJ, Mahmood SJ. Using of maple syrup as an alternative to sucrose and whey in making healthy functional sherbet-ice. Food Res. 2022;6(1):269–73.
76. Karaman S, Toker ÖS, Yüksel F, Çam M, Kayacier A, Dogan M. Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. J Dairy Sci. 2014;97(1):97–110.
77. Tammam AA, Salman K, Abd-El-Rahim A. Date syrup as a sugar substitute and natural flavour agent in ice cream manufacture. J Food Dairy Sci. 2014;5(8):625–32.
78. Yavaş Sarıoğlu A. Düşük kalorili dondurma üretiminde doğal tatlandırıcı olarak stevya ekstraktı kullanımının ürünün kalite kriterleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi;2015.
79. Arslaner A, Salık MA. Ceviz ezmesi ve dut kurusu tozu ilavesiyle üretilen düşük kalorili dondurmanın bazı kalite niteliklerinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg. 2017;48(1):57–57.
80. Gürsoy A. Sütün nitelikleri. In: Yetişemiyen A, editor. Süt teknolojisi. 3rd ed. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2013. p. 27–53.
81. Sırdaş E. Yüksek hidrostatik basıncın fonksiyonel peyniraltı suyu içeceği üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. Abant İzzet Baysal Üniversitesi; 2013.
82. Hugas M, Garriga M, Monfort JM. New mild technologies in meat processing: High pressure as a model technology. Meat Sci. 2002;62(3):359–71.
83. Sayin L, Tamer CE. Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg. 2014;28(1):83–93.
84. Şanal İS, Çalıklı A. Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi ve gıda endüstrisinde uygulamaları. J Food. 2000;25(3):193-201.
85. Mertens B, Deplace G. Engineering aspects of high-pressure technology in the food industry. Food Technol. 1993;4(7):164–9.
86. Earnshaw R. High pressure food processing. Nutr Food Sci. 1996;96(2):8–11.
87. Minerich PL, Labuza TP. Development of a pressure indicator for high hydrostatic pressure processing of foods. Innov Food Sci Emerg Technol. 2003;4(3):235–43.
88. Crehan CM, Troy DJ, Buckley DJ. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. Meat Sci. 2000;55(1):123–30.
89. Alpas H, Kalchayanand N, Bozoglu F, Ray B. Interactions of high hydrostatic pressure, pressurization temperature and pH on death and injury of pressure-resistant and pressure-sensitive strains of foodborne pathogens. Int J Food Microbiol. 2000;60(1):33–42.
90. Tülek Y, Filizay G. Gıda endüstrisinde yüksek hidrostatik basınç uygulamaları. Mühendislik Bilim Derg. 2006;12(3):369–77.
91. İbanoğlu E. Gıdalarda yüksek hidrostatik basınç uygulaması. J Food. 2002;27(6):505-510.
92. Gökmen V, Acar J. Yüksek basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde uygulamaları. J Food. 1995;20(3):167-172.

93. Trujillo AJ, Capellas M, Saldo J, Gervilla R, Guamis B. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: A review. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2002;3(4):295–307.
94. Moerman F. High hydrostatic pressure inactivation of vegetative microorganisms, aerobic and anaerobic spores in pork Marengo, a low acidic particulate food product. *Meat Sci.* 2005;69(2):225–32.
95. Park SJ, Lee JI, Park J. Effects of a combined process of high-pressure carbon dioxide and high hydrostatic pressure on the quality of carrot juice. *J Food Sci.* 2002;67(5):1827–34.
96. Arıcı M. Gıda muhafazasında yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi. *JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Derg.* 2006;3(1):41–9.
97. Özlü H, Atasever M. Gıdalara yüksek basınç uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg.* 2007;2(1):7–27.
98. Murchie LW, Cruz-Romero M, Kerry JP, Linton M, Patterson MF, Smiddy M, et al. High pressure processing of shellfish: A review of microbiological and other quality aspects. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2005;6(3):257–70.
99. Koçak C. Peynir teknolojisi. In: Yetişemiyen A, editor. *Süt teknolojisi.* 3rd ed. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2013. p. 137–75.
100. Anema SG, Lowe EK, Stockmann R. Particle size changes and casein solubilisation in high-pressure-treated skim milk. *Food Hydrocoll.* 2005;19(2):257–67.
101. Huppertz T, Fox PF, Kelly AL. High pressure treatment of bovine milk: Effects on casein micelles and whey proteins. *J Dairy Res.* 2004;71(1):97–106.
102. Needs EC, Stenning RA, Gill AL, Ferragut V, Rich GT. High-pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. *J Dairy Res.* 2000;67(1):31–42.
103. Merel-Rausch E. Hydrostatic high pressure treatment of casein to generate defined particle and gel structures. *Fakultät Naturwissenschaften Universität Hohenheim;* 2006.
104. López-Fandiño R, Olano A. Effects of high pressures combined with moderate temperatures on the rennet coagulation properties of milk. *Int Dairy J.* 1998;8(7):623–7.
105. Huppertz T, Fox PF, Kelly AL. High-pressure induced dissociation of caseins from micelles. *Int Dairy J.* 2004;14:575–80.
106. Hinrichs J, Rademacher B. Kinetics of combined thermal and pressure-induced whey protein denaturation in bovine skim milk. *Int Dairy J.* 2005;15(4):315–23.
107. Considine T, Patel HA, Anema SG, Singh H, Creamer LK. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments - A Review. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2007;8(1):1–23.
108. López-Fandiño R. High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology. *Int Dairy J.* 2006;16(10):1119–31.
109. Zobrist MR, Huppertz T, Uniacke T, Fox PF, Kelly AL. High-pressure-induced changes in the rennet coagulation properties of bovine milk. In: *International Dairy Journal.* Elsevier; 2005. p. 655–62.
110. Huppertz T, Smiddy MA, Upadhyay VK, Kelly AL. High-pressure-induced changes in bovine milk: A review. In: *International Journal of Dairy Technology.* John Wiley & Sons, Ltd; 2006. p. 58–66.
111. Huppertz T, Kelly AL, Fox PF. Effects of high pressure on constituents and properties of milk. *Int Dairy J.* 2002;12(7):561–72.

112. Kanno C, Uchimura T, Hagiwara T, Ametani M, Azuma N. Effect of hydrostatic pressure on the physicochemical properties of bovine milk fat globules and the milk fat globule membrane. In: High pressure food science, bioscience and chemistry. Woodhead Publishing; 1998. p. 182–92.
113. Buchheim W, Schütt M, Frede E. High pressure effects on emulsified fats. *Prog Biotechnol.* 1996;13(C):331–6.
114. De Lamballerie-Anton M, Taylor RG, Culioli J. High pressure processing of meat. In: Kerry JP, Kerry JF, Ledward DA, editors. *Meat processing: Improving quality.* 16th ed. Woodhead Publishing; 2002.
115. Naik L, Sharma R, Gaare R. Application of high pressure processing technology for dairy food preservation - Future perspective: A review. *J Anim Prod Adv.* 2013;3(8):232.
116. Serna-Hernandez SO, Escobedo-Avellaneda Z, García-García R, Rostro-Alanis M de J, Welti-Chanes J. High hydrostatic pressure induced changes in the physicochemical and functional properties of milk and dairy products: A review. *Foods.* 2021;10(8):1867.
117. Lopez-Fandiño R, Carrascosa A V, Olano A. The effects of high pressure on whey protein denaturation and cheese-making properties of raw milk. *J Dairy Sci.* 1996;79(6):929–36.
118. Janahar JJ, Marciniak A, Balasubramaniam VM, Jimenez-Flores R, Ting E. Effects of pressure, shear, temperature, and their interactions on selected milk quality attributes. *J Dairy Sci.* 2021;104(2):1531–47.
119. Rademacher B, Hinrichs J. Effects of high pressure treatment on indigenous enzymes in bovine milk: Reaction kinetics, inactivation and potential application. In: *International Dairy Journal.* Elsevier; 2006. p. 655–61.
120. Yang S, Liu G, Munk DME, Qin Z, Petersen MA, Cardoso DR, et al. Cycled high hydrostatic pressure processing of whole and skimmed milk: Effects on physicochemical properties. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2020;63:102378.
121. Chawla R, Patil GR, Singh AK. High hydrostatic pressure technology in dairy processing: A review. Vol. 48, *Journal of Food Science and Technology.* Springer; 2011. p. 260–8.
122. Gervilla R, Ferragut V, Guamis B. High hydrostatic pressure effects on color and milk-fat globule of ewe's milk. *J Food Sci.* 2001;66(6):880–5.
123. Stratakos AC, Inguglia ES, Linton M, Tollerton J, Murphy L, Corcionivoschi N, et al. Effect of high pressure processing on the safety, shelf life and quality of raw milk. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2019;52:325–33.
124. Kielczewska K, Jankowska A, Dąbrowska A, Wachowska M, Ziajka J. The effect of high pressure treatment on the dispersion of fat globules and the fatty acid profile of caprine milk. *Int Dairy J.* 2020;102:104607.
125. Iturmendi N, García A, Galarza U, Barba C, Fernández T, Maté JI. Influence of high hydrostatic pressure treatments on the physicochemical, microbiological and rheological properties of reconstituted micellar casein concentrates. *Food Hydrocoll.* 2020;106(S1):105880.
126. Needs EC, Capellas M, Bland AP, Manoj P, Macdougall D, Paul G. Comparison of heat and pressure treatments of skim milk, fortified with whey protein concentrate, for set yogurt preparation: effects on milk proteins and gel structure. *J Dairy Res.* 2000;67(3):329–48.
127. Harte F, Amonte M, Luedecke L, Swanson BG, Barbosa-Cánovas G V. Yield Stress and Microstructure of Set Yogurt Made from High Hydrostatic Pressure-Treated Full Fat Milk. *J Food Sci.* 2002;67(6):2245–50.

128. Günal D, Akdemir Evrendilek G. Yüksek hidrolik basınçın süt ve süt ürünleri üzerine uygulanması. *Süt Dünyası Derg.* 2011;5(30):53–8.
129. Desobry-Banon S, Richard F, Hardy J. Study of acid and rennet coagulation of high pressurized milk. *J Dairy Sci.* 1994;77(11):3267–74.
130. Ferragut V, Martínez VM, Trujillo AJ, Güamis B. Properties of yogurts made from whole ewe's milk treated by high hydrostatic pressure. *Milchwissenschaft.* 2000;55(5):267–9.
131. Sezgin E. Fermente süt ürünleri teknolojisi. In: Yetişemiyen A, editor. *Süt teknolojisi.* 3rd ed. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2013. p. 101–36.
132. Trujillo AJ, Royo C, Ferragut V, Guamis B. Ripening profiles of goat cheese produced from milk treated with high pressure. *J Food Sci.* 1999;64(5):833–7.
133. O'Reilly CE, Kelly AL, Murphy PM, Beresford TP. High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. *Trends Food Sci Technol.* 2001;12(2):51–9.
134. Huppertz T, Smiddy MA, Goff HD, Kelly AL. Effects of high pressure treatment of mix on ice cream manufacture. *Int Dairy J.* 2011;21(9):718–26.
135. Lim SY, Swanson BG, Ross CF, Clark S. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body and texture of lowfat ice cream. *J Dairy Sci.* 2008;91(4):1308–16.
136. Clark S, Wisselin A, Luedecke L, Swanson B. Stabilizer usage has greater impact on ice cream properties than high hydrostatic pressure. *J Food Technol.* 2004;2(1):41–9.
137. Köker A. Effect of high hydrostatic pressure and heat treatment on antimicrobial protein stability, shelf-life and rheological characteristics of donkey milk. Middle East Technical University; 2021.
138. Altuner EM, Alpas H, Erdem YK, Bozoglu F. Effect of high hydrostatic pressure on physicochemical and biochemical properties of milk. *Eur Food Res Technol.* 2006;222(3–4):392–6.
139. Çiçek S. Yüksek hidrostatik basınç, mikrofluidizer ve ultrasound uygulamalı peyniraltı suyu ilavesinin ekmeğin tekstür, renk ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkileri. Atatürk Üniversitesi; 2011.
140. Cemeroğlu B. Bölüm 2. Gıda analizleri. In: Cemeroğlu B, editor. *Gıdalarda uygulanan bazı özel analiz yöntemleri.* 3.Baskı. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları; 2013. p. 87–157.
141. Öner Z, Şanlıdere Aloğlu H, editors. *Süt ve Süt Ürünleri Analiz Yöntemleri.* İzmir: Sidas Medya; 2018. 563 p.
142. Arbuckle WS. *Ice Cream.* 3rd ed. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company Inc.; 1984. 517 p.
143. Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A. *Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi.* 18th ed. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; 1993.
144. Jimenez-Flores R, Klipfel NJ, Tobias J. Ice cream and frozen desserts. In: Hui YH, editor. *Dairy science and technology handbook.* 2nd ed. VCH Publishers Inc.; 1993. p. 57–159.
145. Mainville I, Montpetit D, Durand N, Farnworth ER. Deactivating the bacteria and yeast in kefir using heat treatment, irradiation and high pressure. *Int Dairy J.* 2001;11(1–2):45–9.
146. Anonim. *Dondurma Standardı.* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü (TSE); 1992.
147. Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A. *Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi.* 10th ed. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları; 2012.

148. Bemiller JN, Low NH. Carbohydrate analysis. In: Nielsen SS, editor. Food analysis. Gaithersburg: Aspen Publishers; 1998. p. 167-187.
149. Işık Ü. Vanilyalı Yoğurt dondurmaya inülin ve izomalt ilavesinin reolojik ve duyuşal özelliklere etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi; 2006.
150. Arbuckle WS. Ice Cream. 4th ed. New York: Van Nostrand Reinhold; 1986.
151. Hwang J, Shyu Y, Hsu C. Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. LWT - Food Sci Technol. 2009;42(1):312-8.
152. Julkunen-Tiitto R. Phenolic constituents in the leaves of northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics. J Agric Food Chem. 1985;33(2):213-7.
153. Blois MS. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. Nat. 1958;181(4617):1199-200.
154. Hyde KA, Rothwell J (James). Ice Cream. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1973. 264 p.
155. Cottrell JIL, Pass G, Phillips GO. Assessment of polysaccharides as ice cream stabilisers. J Sci Food Agric. 1979;30(11):1085-8.
156. Metin M. Süt ve Mamullerinde Kalite Kontrolü. No. 1-1977. Ankara: Ankara Ticaret Borsası Yayınları; 1977.
157. Bodyfelt FW, Tobias J, Trout GM. The Sensory Evaluation of Dairy Products. New York: Van Nostrand Reinhold; 1988. 56 p.
158. Anonim. Ondokuz Mayıs Üniversitesi- Fen / Edebiyat Fakültesi - İstatistik Bölümü 2019-2020 Yılı Güz Dönemi Minitab Ders Notları. Samsun; 2020.
159. Dağlı A. Yoğurt dondurması üretiminde peyniraltı suyu tozu kullanımı. Ankara Üniversitesi; 2006.
160. Türkmen N. Bazı yabancı orkide türlerinden elde edilen saleplerin maraş usulü dondurma üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. Ankara Üniversitesi; 2019.
161. Anonim. Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliğı [Internet]. 2022/13 Türkiye: Tarım ve Orman Bakanlığı; 2022. Available from: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/01/20050113-13.htm>
162. Hezer F. Farklı oranlarda semizotu ilavesinin dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisi. Gümüşhane Üniversitesi; 2019.
163. Tekinşen OC, Tekinşen KK. Dondurma. 1st ed. Konya: Selçuk Üniversitesi Basımevi; 2008. 189 p.
164. Kaya E, Erdem TK, Tekin FB. Maraş dondurması üretimi ve üretilen dondurmanın fizikokimyasal niteliklerinin belirlenmesi. Cauc J Sci. 2017;4(1):45-56.
165. Goff HD, Hartel RW. Ice cream. 7th ed. Springer US; 2013. 1-462 p.
166. Doğan E. Dondurma üretiminde yayıkaltı tozunun kullanım olanakları. Ankara Üniversitesi; 2020.
167. Dervisoglu M, Yazici F. Note. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. Food Sci Technol Int. 2006;12(2):159-64.
168. Maden Fİ. Stevia ile tatlandırılmış meyveli dondurma üretimi. Atatürk Üniversitesi; 2020.
169. Kaya S, Tekin AR. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. J Food Eng. 2001;47(1):59-62.

170. Sönmez C, Erta G, Okur ÖD, Güzel-seydim Z. UHT sütlerin bazı kalite kriterlerinin ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Akad Gıda*. 2010;8(1):13–6.
171. Hudson B. *Food Antioxidants*. New York: Elsevier; 1990. 253–307 p.
172. Gu L, House SE, Wu X, Ou B, Prior RL. Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. *J Agric Food Chem*. 2006;54(11):4057-4061.
173. Erdoğan Kahveci A, Gürsoy A. Fonksiyonel bir süt ürünü: Dondurma. *Akad ve Süt Kurumu Derg*. 2022;(3):33–42.
174. Sayar E. Deve sütünden yaban mersini (*vaccinium sp.*) meyvesi kullanılarak üretilen dondurmaların bazı kalite parametreleri. Atatürk Üniversitesi; 2020.
175. Crizel T de M, de Araujo RR, Rios A de O, Rech R, Flôres SH. Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. *Food Sci Technol*. 2014;34(2):332–40.
176. Guo Y, Zhang X, Hao W, Xie Y, Chen L, Li Z, et al. Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model. *Carbohydr Polym*. 2018;198:620–30.
177. Azari-Anpar M, Soltani Tehrani N, Aghajani N, Khomeiri M. Optimization of the new formulation of ice cream with native Iranian seed gums ( *Lepidium perfoliatum* and *Lepidium sativum*) using response surface methodology (RSM). *J Food Sci Technol*. 2017;54(1):196–208.
178. Promrith P, Tansakul A. Textural and physical properties of coconut milk ice cream with bacterial cellulose. *J Food Sci Agric Technol*. 2022;(6):6–11.
179. Johnston DE, Austin BA, Murphy RJ. Effects of high hydrostatic pressure on milk. *Milchwissenschaft*. 1992;47(12):760–3.
180. Rodríguez-Alcalá LM, Castro-Gómez P, Felipe X, Noriega L, Fontecha J. Effect of processing of cow milk by high pressures under conditions up to 900 MPa on the composition of neutral, polar lipids and fatty acids. *LWT - Food Sci Technol*. 2015 ;62(1):265–70.
181. Agriopoulou S, Severoğlu M, Varzakas T, Özer HB. Recent advances in high pressure processing of milk and milk products-A review. *J Agric Sci*. 2023;29(1):1–12.
182. Liepa M, Zagorska J, Galoburda R. High-pressure processing as novel technology in dairy industry: A review. In: *Research for Rural Development*. 2016. p. 76–83.
183. Goff HD. Ice cream. In: Fox PF, McSweeney PLH, editors. *Advanced dairy chemistry—1 Proteins*. Boston, MA: Springer, Boston, MA; 2003. p. 1063–82.
184. Huppertz T, De Kruif CG. Disruption and reassociation of casein micelles under high pressure: Influence of milk serum composition and casein micelle concentration. *J Agric Food Chem*. 2006;54(16):5903–9.
185. Wang Y, Liu F, Cao X, Chen F, Hu X, Liao X. Comparison of high hydrostatic pressure and high temperature short time processing on quality of purple sweet potato nectar. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2012;16:326–34.
186. Sezer E, İnanç AL. Gıda sanayinde yüksek basınç uygulamalarındaki besin kayıpları. *Kahramanmaraş Sutcu Imam Univ J Nat Sci*. 2013;16(4):36–43.
187. Fernández García A, Butz P, Bognar A, Tauscher B. Antioxidative capacity, nutrient content and sensory quality of orange juice and an orange-lemon-carrot juice product after high pressure treatment and storage in different packaging. *Eur Food Res Technol*. 2001;213(4–5):290–6.

188. Igual M, Sampedro F, Martínez-Navarrete N, Fan X. Combined osmodehydration and high pressure processing on the enzyme stability and antioxidant capacity of a grapefruit jam. *J Food Eng.* 2013;114(4):514–21.
189. Sevinir Bakla N. Yüksek hidrostatik basınç ile geleneksel badem ezmesinin raf ömrünün uzatılması. Trakya Üniversitesi; 2018.
190. Messens W, Van de Walle D, Arevalo J, Dewettinck K, Huyghebaert A. Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. *Int Dairy J.* 2000;10(5):359–67.
191. Yazdanpanah S, Piri M. Effect of sugar substitution with maple syrup on physicochemical, rheological, microbial and sensory characteristics of ice cream. *JFST.* 2020;101(17):117-30.
192. Jardines AP, Arjona-Román JL, Severiano-Pérez P, Totosaus-Sánchez A, Fiszman S, Escalona-Buendía HB. Agave fructans as fat and sugar replacers in ice cream: sensory, thermal and texture properties. *Food Hydrocolloids*, 2020; 108, 106032.
193. Farmer TE. An ice cream sweetened with a fructan rich minimally processed syrup: blue agave nectar. Florida State University; 2011.