

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

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇEŞİTLİ ŞEKER İKAMELERİNİN DÜŞÜK KALORİLİ DONDURMA**  
**ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EZGİ GÜNAY**

**ARALIK 2018**

**UŞAK**

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

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇEŞİTLİ ŞEKER İKAMELERİNİN DÜŞÜK KALORİLİ DONDURMA  
ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EZĐİ GÜNAY**

**UŞAK 2018**

Ezgi GÜNAY tarafından hazırlanan “Çeşitli Şeker İkamelerinin Düşük Kalorili Dondurma Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Onur GÜNEŞER .....

Tez Danışmanı, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Onur GÜNEŞER .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Afyon Kocatepe Üniversitesi)

Tarih: 14/12/2018

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. İsa YEŞİLYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü .....

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.



İmza

Ezgi GÜNAY

# ÇEŞİTLİ ŞEKER İKAMELERİNİN DÜŞÜK KALORİLİ DONDURMA ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Ezgi GÜNAY

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2018

## ÖZET

Bu çalışmada, Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcılar Tebliği'nde tatlandırıcı olarak kullanımına izin verilen eritritol, sorbitol, maltitol ve bir polidekstroz olan Litesse®'nin, kalorisiz azaltılmış dondurma formülasyonunun geliştirilmesinde kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, herbir formülasyonda eşit miktarda Litesse® kullanılarak 5 farklı formülasyon oluşturulmuştur. F1: eritritol:sorbitol, F2: eritritol:maltitol, F3: maltitol:sorbitol, F4: eritritol:maltitol:sorbitol, F5: formülasyonu ise %100 sakkarozdan oluşmaktadır. Kullanılan poliyollerin çeşidi ve depolama süresinin dondurmanın; fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, dondurma örneklerinin kurumadde, yağ ve azot miktarlarında önemli bir fark bulunmazken kül miktarı açısından önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Depolamanın belirli günlerinde dondurma örneklerinin *L* değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin *a* değerleri üzerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin ayrı ayrı etkisinin olduğu belirlenirken, *b* değerlerindeki değişimler sadece depolama süresinden etkilenmiştir. Tüm dondurma mikslерinin pseudoplastik akış özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin erime oranları arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. Dondurma örneklerinde toplam 32 adet uçucu bileşen belirlenmiştir. Hekzanoik asit, oktanoik asit, 2-heptanon, asetoin, 2-pentanon, heksanal, vanillin, 2-etil-1-hekzanol ve izoamil alkolün tüm dondurma örneklerinde yüksek miktarda belirlenmiştir. Şeker alkollerini ile üretilen dondurmaların yakın kızılötesi spektralarının birbirine benzer olduğu görülmüştür. Dondurma örneklerinin ergime bitiş sıcaklığı dışında,

incelenen tüm termal özelliklerinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Dondurma miksellerinin kalori değerlerinde %17,3-28,4 azalma sağlanmıştır. Dondurma örneklerinin toplam maya-küf sayısının  $<1$  log kob/g olduğu belirlenirken, psikrofilik aerobik canlı sayısının depolama süresi ve dondurma çeşidine göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tüketici testinde F5 örneğinden sonra en çok beğeni alan dondurma örneklerinin F2 ve F3 olduğu belirlenmiştir.

**Bilim Kodu:**

**Anahtar Kelimeler:** Düşük Kalorili Dondurma, Şeker İkame Maddeleri, Reoloji

**Sayfa Adedi:** 81

**Tez Yöneticisi:** Doç. Dr. Onur GÜNEŞER



**THE RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF USING CERTAIN SUGAR  
SUBSTITUTES IN THE PRODUCTION OF LOW CALORIE ICE CREAM  
(M.Sc. Thesis)**

**EZGİ GÜNAY**

**UNIVERSITY OF UŞAK**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**December 2018**

**ABSTRACT**

In this study, it was aimed to develop a low calorie ice cream product with high consumer taste by using erythritol, sorbitol, maltitol and a polydextrose (*Litesse*<sup>®</sup>) which are permitted in the Turkish Food Codex on Sweeteners and on Food Ingredients. For this purpose, 5 different formulations were prepared using an equal amount of *Litesse*<sup>®</sup> in each formulation. F1: erythritol: sorbitol, F2: erythritol: maltitol, F3: maltitol: sorbitol, F4: erythritol: maltitol: sorbitol and F5 formulation contain %100 sucrose. Effects of polyols type and storage period on physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of the ice cream were investigated. In the study, there was no significant changes in the amount of dry matter, fat and nitrogen of ice cream samples while a significant difference was determined in the ice cream samples in terms of ash content. A significant increase in *L* values of the ice cream samples was determined on the certain days of storage. It was determined that storage time and ice cream type have a significant effect of *a* values separately while changes in *b* values of the ice cream samples had effected by only the storage time. It was determined that all ice cream mixes had a pseudoplastic flow behavior. It was found that there were no significant differences between the melting rates of the ice cream samples. Total 32 volatile compound were determined in the ice cream samples. Hexanoic acid, octanoic acid, 2-heptanone, acetoin, 2-pentanone, hexanal, vanillin, 2-ethyl-1-hexanol and isoamyl alcohol were found to be high in all ice cream samples. Infrared spectras of ice cream samples produced with sugar alcohols were found to be a similar. Significant differences were determined all investigated thermal properties of the ice cream samples except end temperatures of the melting. 17.23-28.4 % of calorie reduction in the ice cream mixes was achieved. It was determined that total mold-yeast

count of the ice cream samples was  $<1$  log cfu/g while psychrophilic aerob bacteria count changed depending on the storage time and the ice cream type. It was determined that the ice cream sample produced with polyols were similar in terms of consistency. In consumer test, the samples F2 and F3 were found to be the favourable ice cream samples after the sample F5.

**Science Code:**

**Key Words:** Low Calorie Ice Cream, Sugar Substitutes, Rheology

**Page Number:** 81

**Adviser:** Assoc. Prof. Dr. Onur GÜNEŞER





## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve önerileriyle beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Onur GÜNEŞER'e

Çalışmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Buket Aydeniz GÜNEŞER'e,

Çalışmamın aroma analizlerinin gerçekleştirilmesinde laboratuvar olanaklarını sonuna kadar açan ve tanışmaktan onur duyduğum Prof. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER'e (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi),

Dondurma üretiminde ham madde olarak kullandığım süt tozu temininde yardımcı olan Uşak Süt İşletme Müdürü Atilla TAŞ'a,

Hammadde olarak kullandığım şeker alkolleri temininde yardımcı olan Continental Confectionary Company Ar&Ge teknisyeni Orkun GÜNEŞER'e,

Dondurmalarda yapılan Kızılötesi analizlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Doç. Dr. Hüseyin AYVAZ'a,

Litesse® temininde yardımcı olan Dupont Danisco Frimasına,

Çalışmamın gerçekleştirilmesinde Uşak Üniversitesi 2017/MF010 no'lu projenin olanaklarından yararlanılmış olup, projenin desteklenmesini sağlayan Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi (UBAP)'ne,

Maddi ve manevi desteklerini hayatım boyunca hissteğim, bugünlere gelmemde sonsuz şekilde payları olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ezgi GÜNAY

Uşak, 2018

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
ÇİZGELERİN LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
2.1 Dondurma ve Özellikleri .....	4
2.2. Kalorisi Alzaltılmış Dondurma Üretimi ve Şeker Alkolleri .....	6
2.3. Düşük Kalorili Dondurma Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	13
2.4. Dondurmaların Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesi .....	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	19
3.1. Materyal .....	19
3.2. Yöntem .....	19
3.2.1. Dondurma Üretimi .....	19
3.3. Dondurma Örneklerine Uygulanan Analizler .....	23
3.3.1. Fiziksel Analizler .....	23
3.3.2. Fizikokimyasal Analizler .....	24
3.3.3. Uçucu Bileşen Analizi .....	26
3.3.4. Dondurma Mikslerinin Kalori Değerinin Hesaplanması .....	27
3.3.5. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizi .....	28
3.3.6. Kızılötesi Spektrometre Analizi .....	28
3.3.7. Mikrobiyolojik Analizler .....	29
3.3.8. Duyusal Analizler .....	29
3.3.9. İstatistiksel Analizler .....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	31
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları .....	31
4.2. Fiziksel Analiz Sonuçları .....	34
4.2.1. Renk Değerleri .....	34
4.2.2. Viskozite Değerleri .....	38
4.2.3. Overrun (Hacim artışı) ve Erime Değerleri .....	42

4.2.4. Tekstür Değerleri.....	44
4.3. Uçucu Bileşenler.....	47
4.4. Kızılötesi Spektrometre Verileri.....	52
4.5. Difransiyel Taramalı Kalorimetri Analiz Verileri ve Kalori Değerleri .....	54
4.6. Mikrobiyolojik Analizler .....	58
4.6.1. Toplam Maya-Küf ve Toplam Psikrofil Aerobik Bakteri Sayısı .....	59
4.7. Duyusal Özellikler .....	61
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	65
KAYNAKLAR.....	70
EKLER .....	80
Ek 1 .....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	81

## ÇİZGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. TGK dondurma tebliğine göre dondurma çeşitleri (Anonim, 1997).....	5
Çizelge 3.1. Çalışmada oluşturulan dondurma formülasyonlarının bileşimleri .....	20
Çizelge 4.1. Dondurma örneklerinin genel kompozisyonu .....	32
Çizelge 4.2. Depolama süresince dondurma örneklerinin asitlik değişimi .....	33
Çizelge 4.3. Depolama süresince dondurma örneklerinin pH değişimi .....	33
Çizelge 4.4. Dondurma örneklerine ait L renk değerleri .....	34
Çizelge 4.5. Dondurma örneklerine ait a renk değerleri.....	37
Çizelge 4.6. Dondurma örneklerine ait b renk değerleri .....	37
Çizelge 4.7. Dondurma mikslerine ait görünür viskozite değerleri.....	40
Çizelge 4.8. Dondurma örneklerine ait erime testi ve overrun sonuçları .....	42
Çizelge 4.9. Dondurma örneklerinin uçucu bileşen profilleri .....	51
Çizelge 4.10. Dondurma örneklerinin termal özellikleri .....	56
Çizelge 4.11. Dondurma mikslerine ait kalori değerleri ve % kalori azaltma oranları .....	58
Çizelge 4.12. Dondurma örneklerine ait mikrobiyal analiz sonuçları .....	60
Çizelge 4.13. Dondurma örneklerine ait duyu özellikleri .....	62

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sorbitolün kimyasal yapısı.....	8
Şekil 2.2. Maltitolün kimyasal yapısı. ....	9
Şekil 2.3. Eritritolün kimyasal yapısı.....	10
Şekil 2.4. Polidekstrozun kimyasal yapısı.....	11
Şekil 3.1. Dondurma üretim akış şeması.....	21
Şekil 4.1. Dondurma mikslerinin görünür viskozitelerindeki değişimler.....	39
Şekil 4.2. Depolama süresince dondurma örneklerinin sertlik değerlerindeki değişimler..	45
Şekil 4.3. Dondurma örneklerine ait MIR-ATR spektralleri .....	54



## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Dondurma mikslерinin hazırlanması .....	22
Resim 3.2. Dondurma mikslерinin pastörizasyonu.....	22
Resim 3.3. Batch tipi dondurma makinası ve dondurma mikslерin dondurulması.....	22



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
%	Yüzde oranı
$\alpha$	Alfa
°C	Santigrat derece
®	Ticari ürün
w/w	Kütle/kütle oranı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
$a_w$	Su aktivitesi
kob	Koloni oluşturan birim
Dk.	Dakika
DPPH	
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
FDA	Amerika Gıda ve İlaç İdaresi
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi
FTIR-MIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi-orta dalga boyu
GC-MS	Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
g	Gram
HCl	Hidroklorik asit
kcal	Kilokalori
kJ	Kilojoule
kg	Kilogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
SPME	Katı faz mikroekstraksiyon
WPI	Peynir altı suyu tozu izolatu

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda sağlıklı bir yaşam için kalori alımına dikkat eden bireyler ile obezite, yüksek kolesterol ve şeker hastalıklarına sahip özelleştirilmiş beslenme gereksinimleri olan bireylerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla düşük kalorili gıdaların üretimi gıda sanayii içerisinde önem kazanmış ve özel bir alan haline gelmiştir. Kalorisi azaltılmış gıdaların normal olarak üretilen gıdalara göre ekonomik olarak daha fazla kâr oranına sahip olmaları ve bu gıdalara karşı bilinçli tüketici talebinin giderek artması üretici firmaların bu gıdalar üzerinde daha fazla çalışmalarını sağlamıştır. Ayrıca, bu tip gıdaların formülasyonlarının geliştirilmesi için kullanılacak hammadde ve ingrediyeentlerin üretilmesi ve seçimi, üretilen ürünlerin fiziksel, kimyasal, duyuusal, mikrobiyolojik ve besinsel özelliklerinin incelenmesi üzerine olan bilimsel çalışmaların sayısı da artmıştır. Halihazırda düşük yağ oranına sahip sosis, salam gibi emülsiyet ürünleri, şeker ve yağ oranı azaltılmış bisküvi, kraker, kek gibi fırıncılık ürünleri, benzer şekilde düşük yağ oranına sahip patates ve mısır cipsleri; düşük kalorili gazlı ve gazsız içecekler; düşük kalorili veya yağı azaltılmış mayonez ve salata sosları, diyabetik reçel ve marmelatlar marketlerde bulunmaktadır. Düşük kalorili gıda ürünleri arasında en fazla çeşitliliğe sahip gıda kategorisi süt ve süt ürünleridir. Yağ oranı ve kolesterolü azaltılmış içme sütü, yağ oranı azaltılmış yoğurt, yağ oranı azaltılmış çeşitli peynirler, yağ oranı azaltılarak kalorisi düşürülmüş krema ve tereyağları, yağ ve şeker oranı düşürülerek kalorisi azaltılmış dondurma ve sütlü tatlılar kalorisi azaltılmış süt ve süt ürünleri kategorisinde bulunan gıdalara örnek verilebilir (Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000).

Ülkemizde gıda üretimi yapan firmalar düşük kalorili gıdaların yağ, protein, diyet lifi ve kalori içeriklerini Türk Gıda Kodeksi'nde bulunan *Kilo Verme Amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği*'ne (Tebliğ no:2014/3) göre düzenlemektedirler. Söz konusu tebliğde kalorisi azaltılmış gıda ürünleri; günlük diyetin tamamını karşılayabilecek gıdalar ve günlük diyetin bir ya da daha fazla öğününün yerini alabilecek gıdalar şeklinde iki kısma ayrılmakta ve herbir gıda grubu için bulunması gereken özellikleri belirtmektedir. Buna göre; birinci gıda grubunda bulunan gıdalarda sağlanan enerjinin, toplam günlük miktar için 3360 kJ (800 kcal)'den az ve 5040 kJ (1200 kcal)'den fazla olmaması, ikinci gruptaki gıdalardan sağlanan enerjinin ise öğün başına 840 kJ (200 kcal)'den az ve 1680 kJ (400 kcal)'den fazla olmaması belirtilmektedir. Her iki gıda grubunda ürünün yağından gelen enerjinin gıdanın toplam enerjisinin %30'nu aşmaması, ürünün proteininden gelen



enerjinin ise ürünün toplam enerji değerinin %25'inden az ve %50'sinden fazla olmaması şartı koşulmaktadır (Anonim, 2001).

Düşük kalorili gıda ürününün tüketiciler tarafından tercih edilmesi, fiyat uygunluğunun yanında o ürünün aroma, lezzet ve dokusal özellikleri tüketici beğeni tercihlerini en üst seviyede karşılayacak ve yasal mevzuata bağlı kalacak şekilde geliştirilmesine bağlıdır. Bilindiği gibi gıda ürünlerinde bulunan yağ ve şeker doğrudan aroma ve tat kaynakları olması yanında gıdanın yapısında bulunan diğer maddelerle etkileşime girerek lezzet algısını oluşturmaktadır. Ayrıca her iki gıda bileşeni gıdanın tekstürel özelliklerini de etkilemektedir. Örneğin; kek yapımında kullanılan şeker ortamda bulunan aminoasitlerle pişirme sıcaklığında Maillard reaksiyonu vererek, kekin aromasına katkıda bulunan uçucu aromatik özellikteki bileşenleri oluşturur (Yılmaz ve Güneşer, 2004). Benzer şekilde, dondurma miksinin yapısında bulunan yağ birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir. Yağ, dondurma miksinde emülsiyon oluşumunda etkilidir. Hacim artışı (overrun) aşamasında ise yağ, süt proteinleri ile moleküller düzeyde etkileşime girerek hava kabarcıklarını bir film gibi sararak hacim artışını sağlar. Ayrıca, dondurma işleminde mikste daha küçük buz kristallerinin oluşmasını sağlayarak dondurmanın kremamsı, yavaş eriyen bir yapı kazanmasında ve aroma hissinin daha iyi algılanmasında görev alır (Wheeler ve Pi-Sunyer, 2008). Düşük kalorili gıda formülasyonları oluşturulurken yağ ve şeker azaltımının gıdanın duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkilerinin hangi düzeyde olduğunun bilinmesi, yağ ve şeker yerine kullanılacak ikame maddelerinin doğru ve uygun konsantrasyonlarda seçilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak oluşturulan ürünün kalorisi istenen düzeyde ve yasalara uygun olsa bile ürünün duyuşal açıdan tüketiciler tarafından tercih edilmemesi başarısız formülasyon geliştirme çalışması olarak değerlendirilmektedir.

Bu çerçevede, yapılan bu çalışmanın amacı;

1. Şeker bazlı yağ ve şeker ikamesi kullanarak yüksek tüketici beğenisine sahip kalorisi azaltılmış dondurma formülasyonunun geliştirilmesidir. Çalışmada kullanılması planan yağ ve şeker ikameleri ticari olarak üretimi yapılan ve Türk Gıda Kodeksi'nde izin verilen eritritol, sorbitol, maltitol ve polidekstroz (Litesse®)' dur.
2. Dondurma formülasyonunda kullanılan yağ ve şeker ikame maddelerinin dondurmanın kimyasal özellikleri, overrun (hacim artışı), sertlik, kalori değeri, beğeni derecesi gibi özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi düşünülmüştür. Duyuşal açıdan en iyi

şekilde tercih edilebilecek hem de Türk Gıda Kodeksi'ne uygun kalorisi azaltılmış bir dondurma formülasyonunun oluşturulması planlanmıştır.

Çalışma sonucunda;

1. Kullanılması düşünülen şeker ikame maddelerinin düşük kalorili dondurma üretimine uygunluğunun araştırılması ve şeker ikame maddelerinin dondurmanın fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi sağlanmıştır.
2. Geliştirilen dondurma formülasyonunun kalori miktarının klasik dondurmaya göre %25-50 oranında daha az olması hedeflenmiştir. Böylece kalori alımına dikkat eden tüketicilere alternatif bir dondurmanın sunulması düşünülmüştür.



## 2. KURAMSAL TEMELLER ve LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Dondurma ve Özellikleri

Dondurmanın anavatanı tam olarak bilinmese de, Marco Polo tarafından on üçüncü yüzyılda Uzak Doğu'dan Avrupa'ya getirildiği daha sonra Avrupa kıtasından da Amerika kıtasına götürüldüğü ve 1800'lü yıllarda Amerika'da sanayileşerek günümüzdeki yerini aldığı bildirilmektedir (Coşkun, 1998).

Dondurma; süt ve süttozu, krema ve tereyağı gibi süt mamülleri, şeker, stabilizatör ve emülgatörler ile birlikte çeşitli aroma ve lezzet verici bileşenlerin (örn; meyve konsantresi, çikolata, çerez parçacıkları) karıştırılması ve oluşan miksin pastörize edilerek dondurulması sonucu elde edilen kompleks fizikokimyasal sisteme sahip bir süt ürünüdür (Demirci ve Şimşek, 1997; Güven, Karaca ve Yaşar, 2010). Dondurmanın fizikokimyasal yapısı; süt proteinleri, emülgatör ve stabilizatör içeren havalandırılmış su-yağ süspansiyonudur (Erkaya, Dağdemir ve Şengül, 2012; Marshall, Goff ve Hartel, 2013). Türk Gıda Kodeksinde (TGK) dondurma; *“içerisinde tat ve çeşidine göre süt veya süt ürünlerini, içme suyu, şeker ve izin verilen katkı maddelerini bulunduran, istenildiğinde salep, yumurta veya yumurta ürünleri, aroma maddeleri ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren henüz dondurulmamış haldeki karışımın pastörizasyon sonrası tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan ürün”* şeklinde ifade edilmektedir (Anonim, 1997).

Dondurma teknolojisi, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısına doğru büyük bir gelişme göstermiştir. *“Water Ice”* tipi dondurmalar en eski dondurma çeşididir. Bu tip dondurmaların üretimine süt, krema, süt tozu ve benzeri süt mamülleri ilave edilerek lezzet geliştirilmiş ve günümüzdeki *“Dairy Ice Cream”* diye tanımlanan ürünler üretilmeye başlanmıştır (Üçüncü, 2010). Günümüzde birçok tip dondurma çeşidi bulunmaktadır. Bu çeşitler başlıca şu şekilde sıralanabilir (Clarke, 2004):

- 1) **Sütlü dondurma:** Süt, şeker ve diğer ingradyentleri içeren, hacim artışı olan dondurulmuş üründür.
- 2) **Sütsüz dondurma:** Süt proteinleri ve bitkisel yağ ile yapılan dondurmadır.
- 3) **Gelato:** Yumurta sarısı içeren İtalyan tipi dondurmadır.
- 4) **Dondurulmuş yoğurt:** Laktik asit bakterileri içeren veya sadece yoğurt tadı olan dondurmadır.

- 5) **Sütlü buz:** Sütlü dondurmaya benzeyen fakat daha az süt yağı içeren ve hacim artışı yapılmayan dondurmadır.
- 6) **Sorbe:** Süt ve süt yağı içermeyen, meyve bazlı, hacim artışı olan dondurmadır.
- 7) **Şerbet:** Sorbeye benzeyen fakat bir miktar süt veya süt yağı içerebilen dondurmadır.
- 8) **Sulu buz:** Aroma ve renklendirici içeren dondurulmuş şeker şurubudur.
- 9) **Meyveli buz:** Sütlü buza benzeyen fakat gerçek meyve suyu ile yapılan dondurmadır.

Dondurma, kolay sindirilmesi ve zevkle tüketilmesinin yanında önemli bir enerji, protein, kalsiyum ve vitamin kaynağıdır (Demirci ve Şimşek, 1997). Dondurma, sütün yapısında bulunan maddeleri süttten daha fazla miktarda içermektedir ve dondurma miksinde ilave edilen diğer besin bileşenleri ile birlikte dondurmanın besleyicilik değerinin süttten daha fazla olduğu bilinmektedir (Konar ve Akın, 1992). Dondurma miksinin bileşimine bağlı olarak süttten 3-4 kat daha fazla süt yağı ve %12-16 oranında daha fazla protein içerebildiği belirtilmiştir. Dondurma bileşenleri her ne kadar üretildiği bölgeye göre değişiklik gösterse de iyi kalitede bir dondurmanın %12 yağ, %11 yağsız kuru madde, %15 şeker, %0,3 stabilizatör ve emülgatör ve %38,3 toplam kurumadde içermesi gerektiği belirtilmiştir (Sarioğlu, 2015). Buna göre, Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliğinde yer alan dondurma çeşitleri ve bunların içermesi gerektiği en az kurumadde, süt yağı, yağsız süt kuru maddesi içerikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. TGK dondurma tebliğine göre dondurma çeşitleri (Anonim, 1997)

Ürün Grupları	Özellikler			
	Toplam Kuru Madde (Ağırlıkça %)	Süt Yağı (Ağırlıkça %)	Yağsız Madde (Ağırlıkça %)	Kuru Yağsız Süt Kuru Maddesi (Ağırlıkça %)
Yarım Yağlı Dondurma (En az)	31	3	28	10
Yağlı Dondurma (En az)	36	8	28	10
Tam Yağlı Dondurma (En az)	40	12	28	10
Yağlı Maraş Dondurması (En az)	32	4	28	8
Yarım Yağlı Maraş Dondurması (En az)	30	2	28	8
Yağlı Maraş Usulü Dondurma (En az)	32	4	28	8
Yarım Yağlı Maraş Usulü Dondurma (En az)	30	2	28	8

Dondurma, yapısında bulunan yüksek orandaki şeker (%18-25) ve yüksek enerji değerine sahip besin bileşenleri (protein ve yağ), çikolata, fındık, fıstık vb. kuruyemişler dondurmanın kalori değerini yükseltmektedir (Demirci ve Şimşek, 1997; Güven vd., 2010). Dondurmada yüksek oranda bulunan sakkaroz; glikoz ve fruktoza hidrolize olduktan sonra ince bağırsakta yüksek oranda absorbe olur ve kana karışır. Bu durum diyabet hastaları ve diyet uygulayan bireyler için beslenme açısından bir sorun teşkil etmektedir (Çelik, Cankurt ve Doğan, 2008). Günümüzde sağlık konusunda bilinçlenen tüketiciler, besin tercihlerini değiştirerek vücutta özel fizyolojik etki sağlayan; obezite, yüksek kolestrol ve şeker gibi hastalıkların oluşum riskini azaltıcı, koruyucu ve tedavi edici gıdalara yönelmektedir. Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara talebinin artması, dondurma üzerinde hem fizikokimyasal yapının iyileştirilmesine yönelik çalışmaların hem de fonksiyonel dondurma formülasyonlarının ele alındığı çalışmaların artmasını sağlamıştır. Yapılan birçok çalışmada farklı kaynaklardan sağlanan yağ ve şeker ikamelerinin dondurma üretiminde kullanılabilme potansiyelleri araştırılarak kalorisi azaltılmış dondurma üretimi veya dondurmanın farklı biyoaktif bileşenler tarafından zenginleştirilmesi irdelenmektedir (Karaman ve Kayacier, 2012; Öztürk, 2012; Sarıoğlu, 2015).

## **2.2. Kalorisi Azaltılmış Dondurma Üretimi ve Şeker Alkolleri**

Kalorisi azaltılmış dondurma üretimi hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle düşük kalorili dondurma üretiminde çok çeşitli şeker ve yağ ikame maddelerinin kullanıldığı görülmektedir. Dondurma üreticilerinin light-düşük kalorili dondurma üretimi için genellikle yağ ve şeker ikame maddesi olarak inülin, oligofruktoz, polidekstroz, izomalt, sorbitol, maltitol, laktitol gibi şeker alkolleri ile maltodekstrin, süt proteini konsantreleri, pirinç nişastası ve yapay tatlandırıcıları yaygın olarak kullandıkları görülmektedir (Sarıoğlu, 2015).

Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından kullanımı onaylanan şeker alkolleri, üreticiler tarafından gıdalara kısmen ya da tamamen şeker ikamesi olarak ilave edilirken aynı zamanda yapıda hacim arttırıcı ajan olarak da değerlendirilirler (Wheeler ve Pi-Sunyer, 2008). Yapılan bu çalışmada da sorbitol, maltitol, eritritol ve polidekstroz gibi şeker ve yağ ikameleri kullanılarak light dondurma formülasyonunun geliştirilmesi planlanmıştır.

Şeker alkolleri; endüstriyel olarak üretilen, şeker kaynağının ikame edicisi olan fakat ne şeker ne de alkol özelliği gösteren, bir şeker ketonu ya da aldehit kısmı yerine bir hidroksil barındıran hidrojenlenmiş şekerlerdir. Eritritol dışındaki şeker alkolleri maltoz, laktoz, palatinoz, glikoz, ksiloz veya kısmen hidrojene nişasta türevlerinden üretilir (Payne, Chassard ve Lacroix, 2012). Sorbitol, mannitol ve ksilitol genellikle meyve ve sebzelerin yapısında küçük miktarlarda bulunur ve ticari olarak glikoz, mannoz ve ksilozun hidrojenasyonu ile üretilir. Maltitol ve laktitol sırası ile maltoz ve laktozun hidrojenasyonu ile üretilmektedir. Palatinit olarak da bilinen izomalt,  $\alpha$ -D-glikopiranosil-[1-6]-D-sorbitol (GPS) ve alfa-D-glikopiranosil-[1-6]-D-mannitol (GPM)'in 1:1 karışımıdır. Oligosakkarit ve polisakkarit şeker alkolleri hidrojene nişasta hidrolizatından (HSHs) elde edilir (Wolever, Piekarz, Hollands ve Younker, 2002).

Şeker alkollerin üretimindeki hidrojenasyon, birincil alkol fonksiyonundaki şekerin aldehit fonksiyonunu ve ikincil alkol fonksiyonundaki şekerin ketonik fonksiyonunu değiştirir. Hidrojenasyon; şekerin fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerini modifiye eder, kimyasal stabilitesini artırır ve kimyasal yapısını doğrusallaştırır (Kearsley ve Boghani, 2011).

Şeker alkolleri, ince bağırsaktan kısmen absorbe edilirler. Absorbsiyon miktarı her bir şeker alkolü için farklılık gösterebilir. İzomalt %50-60, laktitol %0, maltitol %50-75, mannitol %50, sorbitol %50-79 ve ksilitol %50 oranında emilir. İnce bağırsakta emilmeyen şeker alkolleri kolona ulaşır ve burada kolon bakterileri tarafından kısa zincirli yağ asitleri, propiyonik ve bütirik asite parçalanırken hidrojen ve metan gazı gibi gaz oluşumları da gözlemlenir. Oluşan gazlar karın ağrısı, şişkinlik ve diyareye sebep olabilir (Wolever vd., 2002). Şeker alkollerinin gastrointestinal etkileri bireyler arasında çeşitlilik gösterir. Bazı bireylerde şeker alkollerinin yüksek oranlarda alımı aşamalı adaptasyonla gerçekleşir. Bu adaptasyon vücuda bir süre küçük oranlarla alımın yapılması ile başlar ve daha sonraki zaman dilimi içerisinde tüketim toleransı artmaya başlar. Parçalanma sonrasında kısa zincirli yağ asitlerinin emilimi ile vücuda enerji sağlanır (Wolever vd., 2002). Plazma glikozu ve insülin seviyesi şeker alkollerinin (özellikle monosakkarit şeker alkolleri) absorpsiyon ve metabolizmasından etkilenmez (Payne vd., 2012). Şeker alkolleri kimyasal yapı bakımından 3 guruba ayrılır:

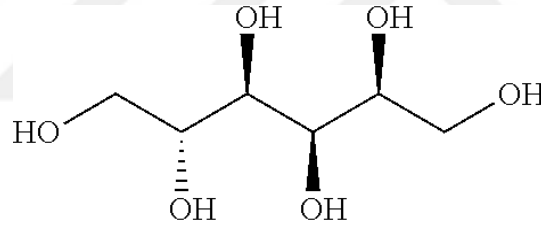
**Monosakkarit alkoller:** Sorbitol, mannitol, ksilitol

**Disakkarit alkoller:** Maltitol, laktitol, palatinit (izomalt)

### **Oligosakkarit alkoller:** Maltideks, likazin

Çalışmamızda kullandığımız şeker alkollerinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri ifade edilecek olursa;

**Sorbitol:** İlk kez 1872 yılında Fransız kimyacı Boussingault tarafından kiraz ağacından ekstrakte edilmiştir (Karav, 2009). Sorbitolün endüstriyel üretimi glikozun katalitik hidrojenasyonu yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Sorbitol higroskopik bir özellik gösterir ve çözünürken ortamdan ısı almaktadır (Şekil 2.1). Sorbitol, 6 değerlikli bir alkoldür ve molekül ağırlığı 182,17 g/mol'dur. Suda çok iyi çözünen sorbitol, etanolde az çözünmektedir. -110,89 kJ/kg çözelti ısısına sahip olması nedeniyle ağızda serinletici etki bırakmaktadır. Sorbitol, Maillard reaksiyonlarına katılmaz. Sorbitol, sükrozun %60'ı kadar bir tatlılığa sahip olup 2,6 kcal/g düzeyinde enerji verir. Günlük laktasyon eşiği sorbitol için 50 g olarak sınırlandırılmıştır. Sorbitol tüketildikten sonra kan şekeri seviyesinde kayda değer artışlara sebep olmaz. Bu nedenle, diyet gıdalarda dolgu maddesi olarak kullanılabilir (Khan, 1993; Türkmen, 2008).



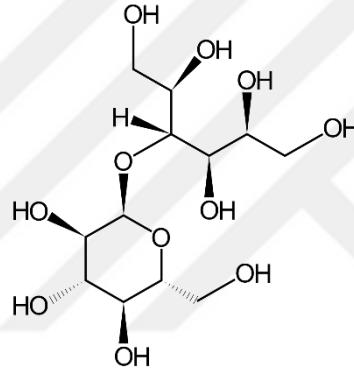
Şekil 2.1. Sorbitolün kimyasal yapısı (Anomin, 2018a)

Sorbitol, gıda sanayiinde tatlandırıcı, nemlendirici, tekstür düzenleyici ve yumuşatıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Marques, Tarek, Sara ve Brar, 2017). Gıda sektöründe şekerleme, sakız, reçel, tatlı, dondurma ve diyabetik gıdalar gibi çeşitli ürünlerde kullanımı mevcuttur. Sorbitolün kullanımı sadece gıda sektörüyle sınırlı olmamakla birlikte farmasötik ürünler, sorboz, askorbik asit, propilen glikol, sentetik plastikleştirici ve alkid reçinesi üretiminde de kullanılmaktadır (Silveria ve Jonas, 2002).

**Maltitol:** Maltitol (4-O- $\alpha$ -D-glikopiranosol-D-glukitol),  $\alpha$ -1,4 bağlarıyla glikoz birimine bağlanmış sorbitolden oluşan bir disakkarittir (Şekil 2.2). Maltitolün molekül yapısı indirgen olmayan özellik gösterdiği için termal ve kimyasal özellikleri yüksek stabiliteye sahiptir. Sudaki çözünürlük, sulu çözeltilerinin viskozitesi, nem çekerlik ve

tatlılık potansiyeli gibi özellikleri bakımından sakkaroz ile kıyaslanabilir olmasına rağmen maltitol sakkarozdan daha düşük kalori değerine ve daha yüksek çözünme ısısına sahiptir. Maltitolün tatlılığı sakkarozun yaklaşık %90'ı kadar olup kalorisi 2,1 kcal/g düzeyindedir (Gharsallaoui, Rogé ve Mathlouthi, 2008).

Maltitol, reaktif aldehit ve keton guruplarının yerini stabil alkol gurupları almış olan uygun indirgen şekerler kullanılarak katalitik hidrojenasyon yöntemiyle üretilir. Maltitol üretiminde mısır, buğday ve tapyoka bitkisinden elde edilen nişasta ham madde olarak kullanılır. 1-3 saat süren hidrojenasyon prosesi, yüksek sıcaklık (100-150 °C) ve yüksek basınç (100-150.10<sup>5</sup> Pa) koşulları altında yürütülür. Proses esnasında ortamda katalizör olarak nikel, molibden veya paladyum elementi kullanılır (Malcolm ve Kearsly, 2006).



Şekil 2.2. Maltitolün kimyasal yapısı (Anonim, 2018a)

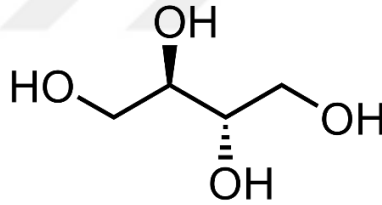
Maltitol, ağız florasını oluşturan bakteriler tarafından fermente edilemediğinden ya da sakkarozla göre daha düşük oranda fermente edildiğinden dolayı ağızda yeterli asit üretimi gerçekleşmez ve bu yüzden maltitol karyojenik etkiye sahip değildir (Maguire, Rugg-Gunn ve Wright, 2000; Malcolm ve Kearsly, 2006;). Maltitol ağızda fermente edildiğinde çok düşük oranda pH azalmasına sebep olur. pH 5,7'nin altına düştüğünde diş yüzeyi üzerinde dekalsifikasyon meydana gelir. Maltitolün fermentasyonu sonucu oluşan asit, ağız pH'sını 5,7'nin altına düşürecek kadar etkili değildir. Maltitolün günlük 50 grama kadar tüketiminin laksatif etki yapmadığı bildirilmiştir. Vücut ağırlığı maltitolün laksatif etkisi üzerinde etkilidir. Bayanlarda ve erkeklerde vücut ağırlığına göre maksimum kullanım dozunu 0,8 g/kg'dır (Malcolm ve Kearsly, 2006). İnce bağırsakta maltozdan daha yavaş hidrolize olan maltitol, kan şekeri seviyesinde herhangi bir artışa sebep olmaz. Kalın



bağırsağa geçen maltitol bağırsak mikroflorası tarafından fermente edilir (Canımoğlu, 2009).

Maltitolün su tutma kapasitesi yüksektir. Bu özelliğinden dolayı gıdalarda hacim verici olarak gıda kalitesini arttırmada kullanılır. Gıda sanayiine bakıldığında maltitolün geniş kullanım alanına sahip olduğu görülür. Su bazlı aromalandırılmış tatlılar, meyve ve sebze bazlı tatlılar, dondurma, yağ, yumurta, tahıl bazlı tatlılar, reçel, jöle, marmelat, kristalize meyve üretimi, şekerleme sanayii, kakao, süt, kuru meyve ve yağ bazlı sürülebilir ürünler, şeker ilavesiz sakız, soslar, hardal, hafif fırıncılık ürünleri ve diyet tamamlayıcılar gibi alanlarda maltitol kullanım yaygındır. Maltitolün laktasyon eşiği 100 g/gün olarak belirlenmiştir. Sakkarozun özelliklerine yakın özellikler sergilediği için maltitol dondurma üretiminde en yaygın kullanılan polyoldür. Kullanımına birçok ülkede izin verilmiştir (Canımoğlu, 2009).

**Eritritol:** 4 karbonlu bir monosakkarit (1,2,3,4-bütanetetrol) olan eritritol doğal olarak deniz yosunu, mantar, kavun, üzüm ve armut gibi meyvelerin yapısında bulunur (Şekil 2.3). Çoğunlukla şarap, bira gibi fermene gıdalar, peynir, sake ve soya sosu gibi işlenmiş sebzelerin yapısında da bulunur (Oh, Cho, Lee ve Kim, 2001; Payne vd., 2012).



Şekil 2.3. Eritritolün kimyasal yapısı (Anonim, 2018a)

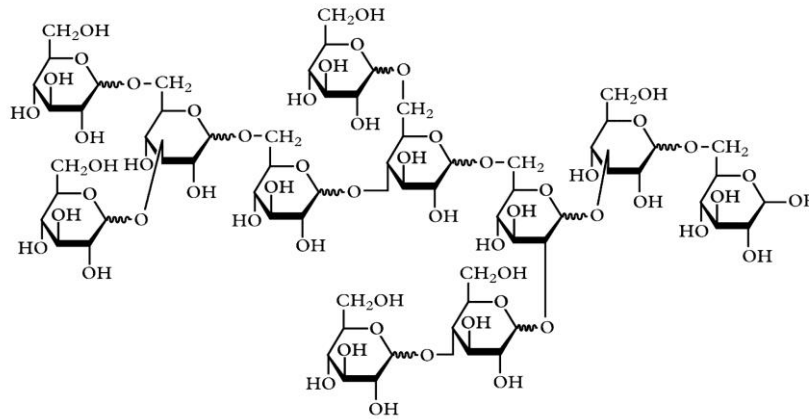
Eritritol; beyaz renkli, yapısında su bulunmayan, higroskopik özellik göstermeyen, kristal yapıda bir maddedir. İlk kez 1852’de izole edilmesine rağmen Japonya’da yeni ve doğal bir tatlandırıcı olarak pazarda yerini alması 1990’lara kadar sürmüştür. Günümüzde eritritolün kullanımı 60’dan fazla ülkede onaylanmıştır (Bernt, Borzelleca, Flamm ve Munro, 1996; Gharsallaoui vd., 2008;).

Eritritol, ticari olarak fermantasyon yöntemi ile üretilen tek şeker alkolüdür. Aynı zamanda dialdehit nişastadan nikel katalizör varlığında yüksek sıcaklıktaki kimyasal reaksiyon ile de üretilir. Fakat bu yöntem düşük verimlilikten dolayı endüstrileşmemiştir. Eritritol üretiminde *Pichia*, *Zygodichia*, *Candida*, *Torulopsis*, *Trigonopsis*, *Moniliella*,

*Trichosporon*, *Trichosporonoides*, *Aureobasidium* mikroorganizmalarının suşları kullanılır. Uygun anaerobik şartlar sağlandığında *Leuconostoc oenos*'un eritritol üretebildiği belirtilmiştir (Lin, Wen, Liao ve Chu, 2001).

Eritritol, endotermik çözüldüğü için çözüldüğü ortamda güçlü bir soğutma etkisi yaratır. Dolayısıyla tüketildiğinde ağızda da aynı hissi bırakır (Oh vd., 2001). Eritritol, sakkarozun %75-80'i kadar tatlılığa sahiptir (Payne vd., 2012). Ağızda bakteriler tarafından fermente edilemez bu yüzden karyojenik etki göstermez (Mironzcuk, Furgala, Rakicka ve Rymowicz, 2014). Eritritol için hayvanlar ve insanlar üzerinde geniş kapsamlı güvenlik testleri yapılmıştır. Bu testlerin sonucunda kullanımı güvenli olan bir gıda bileşeni olarak nitelendirilmiştir. Eritritolün, beklenen günlük kullanımın üzerinde bir dozda tüketilse dahi herhangi bir yan etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Eritritol, ince bağırsaklardan kolayca emilebilir fakat vücuda alınan eritritolün %90'ından fazlası vücutta hiçbir değişikliğe uğramadan idrarla vücuttan atılır. Bu özelliğinden dolayı eritritolün metabolik profiline bakıldığında vücut için birçok yönden fayda sağladığı görülür. Kalori değerinin 0'a yakın olması (0-0,2 kcal/g), yüksek sindirim toleransına sahip olması ve uygun tüketim oranlarında hiçbir laksatif etkisinin bulunmaması, kan glikoz seviyesi veya insülin seviyesini etkilememesinden dolayı diyabetik gıdalarda kullanımı uygun olması eritritolün sağladığı faydalardır (Boesten vd., 2015). Gıda sanayiinde alkolsüz içecekler, sakız, çikolata, şekerleme ve fırıncılık ürünlerinde kullanımı yaygındır (Bernt vd., 1996).

**Polidekstroz:** Bir polisakkarit olan polidekstroz, uygun asit katalizör eşliğinde yüksek sıcaklık ve kısmi basınç altında glikoz ve sorbitolün polimerizasyonu ile sentezlenir (Jie vd., 2000). Ticari adı Litesse® dir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Polidekstrozun kimyasal yapısı (Anonim, 2018a)

Polidekstroz kokusuzdur. Açık krem rengi ya da beyaz renklidir. Polyollerden farklı olarak aminoasitler ile Maillard reaksiyonuna girerler. Böylece karamel ve toffee yapımında karakteristik tadı oluşturur. Kremi ve lezzetli dondurulmuş tatlıların hazırlanmasında donma noktası depresyonu önemli bir parametredir. Kullanılan bileşenin moleküler ağırlığı donma noktası depresyonu üzerinde etkilidir. Yüksek bir moleküler ağırlığa sahip olan polidekstroz donma noktası depresyonunu düşürür (Malcolm ve Kearsly, 2006).

Polidekstroz birçok ülkede çeşitli gıdalarda hacim verici ajan ve yağ ikame edici olarak kullanılır ve 4,2 kJ/g enerjiye sahiptir. Polidekstroz ince bağırsakta sindirilmez ve büyük kısmı gaita ile atılır. Kısmen kalın bağırsakta fermente edilir. Polidekstrozun fermentasyonu, arzu edilen mikrofloranın gelişimini sağlarken zararlı mikroorganizmaların ortamda azalmasına yardımcı olur. Fermentasyon sonucunda kısa zincirli yağ asitleri oluşur ve karsinogenik metabolitlerin üretimi engellenir (Jie vd., 2000). Polidekstroz, suda yüksek çözünürlük gösterir (20 °C'de yaklaşık %80) ve polidekstroz solüsyonları aynı konsantrasyon ve sıcaklıkta sakkaroz veya sorbitol solüsyonlarından daha viskozdur. Polidekstrozun bu karakteristik özelliği gıdalarda şeker ya da yağ ikame edici olarak kullanıldığında, yapıya istenen ağız hissi ve tekstürel özelliği kazandırır. Polidekstroz, su aktivitesi özelliği (0,992  $a_w$ ) bakımından sakkaroz ile yakından benzerlik gösterir. Gıdanın nem içeriği ile ilgili istenmeyen değişiklikleri yavaşlatır ve böylece gıdanın raf ömrünü uzatır (Malcolm ve Kearsly, 2006, Muse ve Hartel, 2004). Polidekstroz, kullanıldığı gıdada herhangi bir tat ve lezzet değişikliği yapmaz. Normal şeker ve yağın yapıya sağladığı uygun tekstür ve ağız hissi özelliğini sağlar. Polidekstrozun bir takım fizyolojik faydaları bulunmaktadır. Bunların başında; karyojenik özellik göstermemesi, diyet lifi özelliği göstermesi, düşük glisemik etkisi bulunması ve prebiyotik özellik göstermesi gelmektedir. Polidekstrozun diyet lifi özelliği onun bir prebiyotik olarak görülmesi üzerinde etkilidir (Goff ve Jordan, 1984; Stowell, 2009). Polidekstroz, sıcaklığa ve asite karşı oldukça stabil bir bileşendir. Gıdalarda çok yönlü kullanımı mevcuttur. Polidekstrozun kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir; çikolata ve şekerleme sanayi, fırıncılık ürünleri, dondurulmuş sütlü tatlılar, kültürlü sütlü tathırlar, alkolsüz içecekler, reçel, marmelat ve meyve dolguları, et ürünleri, pasta ve nodul grubu hububat ürünleridir (Stowell, 2009).

### 2.3. Düşük Kalorili Dondurma Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kalorisi azaltılmış dondurma üretimi hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle düşük kalorili dondurma üretiminde yağ ikame maddesi olan inülin kullanımının çok fazla çalışıldığı görülmektedir. Buna göre, yapılan bir çalışmada, %3 inülin ilaveli yağ azaltılmış ve optimum fizikokimyasal özelliklere sahip dondurma formülasyonu yüzey tepki metodu kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda yağ ikame maddesi olarak kullanılan inülinin %3 oranında ilavesinin, dondurma için kullanılan bitkisel yağ %12 oranında, süt yağını ise %30 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir (Pintor, Severiano-Pérez ve Totosaus, 2014). Benzer şekilde, Mahdian ve Karazhian (2013), %5 yağ içeren düşük kalorili dondurmalarda, %2 inülin ilavesinin süt proteini konsantresi (%65) ilaveli dondurmalara göre daha yüksek genel beğeni skorları aldığını belirlemişlerdir. Diğer taraftan, yağ ikame maddesi olarak kullanılan süt protein konsantresi (%65) ve inülinin dondurmanın akış davranış indeksi ve konsistent katsayısını yükselttiği ve söz konusu yağ ikame maddeleri ilaveli dondurma mikserlerinin viskozitesinin ve dondurma sertliğinin kontrol örneklerine göre yüksek olduğunu tespit etmişlerdir (Mahdian ve Karazhian, 2013). Yapılan diğer bir çalışmada (Aykan, Sezgin ve Guzel-Seydim, 2008), protein temelli Simplese® ve inülin ilavesi yapılmış düşük kalorili yağ azaltılmış ve yağsız dondurmaların viskozite değerlerinin arttığı ve duyuşal açıdan inülin ilaveli dondurmalarda peyniraltı suyu ve pişmiş süt tadının algılanmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, yapılan bir başka çalışmada (Tiwari, Sharma, kumar ve Kaur, 2015) ise %2, %4 ve %6 oranlarında inülin ilavesi ile üretilen düşük yağ içerikli dondurma örneklerinde inülin oranının artması ile dondurmalarda görünür viskozite değeri ve kıvam katsayısının düştüğü, erime miktarının arttığı, sertlik ve iç yapışkanlık değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca duyuşal olarak %6 inülin ilave edilen dondurmaların düşük beğeniye sahip olduğu ifade edilmiştir. Çok yakın zamanda yapılan bir çalışmada ise düşük kalorili dondurma üretiminde trehaloz ve eritritol ilavesinin dondurmanın sertliğini artırdığı ve erime oranını düşürdüğü ancak hacim artış miktarında önemli bir değişim yapmadığı belirlenmiştir (Moriani ve Alamprese, 2017). Yapılan bir başka çalışmada, %15 şeker içeren yoğurt dondurmasının şeker içeriğinin stevia kullanılarak karşılanmasında pH, renk değerleri, hacim artışı ve viskozite değerlerinin sakkaroz ile yapılan dondurma ile benzer olduğu ancak stevialı dondurmanın erime oranının azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan stevialı dondurma örneğinin sakkaroz kullanarak yapılan dondurma örneğine göre daha yüksek

miktarda asetik asit, asetoin, bütanoik asit ve 2-heptanon uçucu bileşenlerini içerdiği tespit edilmiştir (Şahin, 2017). Bir başka çalışmada, stevia ilavesinin dondurmada hacim artış miktarı ve viskozite değerini arttırdığı da belirlenmiştir (Özdemir, Arslaner, Ozdemir ve Allahyari, 2015). Peynir altı suyu ilavesi ve transglutaminaz uygulamasının düşük yağlı dondurma üretiminde kullanım olanağının araştırıldığı bir çalışmada, peynir altı suyu proteinin ilavesi ile birlikte enzim uygulamasının düşük yağlı dondurmada erime oranı, hacim artışı ve sertlik değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, peynir altı suyu proteini ilavesi ile birlikte enzim uygulamasının dondurma miksinin görünür viskozitesini arttırdığı ve akış indeksini düşürdüğü saptanmıştır (Danesh, Goundarzi ve Jooyandeh, 2017). Whelan, Vega, Kerry ve Goff, (2008) farklı şeker alkollerinin düşük glisemik indeksli dondurma üretiminde kullanımını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, %6 tagatoz, %6 polidekstroz, %3 oranında maltitol veya %15 oranında maltitol ve %2,5 trehaloz kullanımının duyu ve diğer fizikokimyasal özellikler açısından düşük glisemik indeksli dondurma üretimine uygun olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada yağ, şeker ve yağsız süttozunun vanilyalı dondurmanın tat, lezzet (vanilin, fenolik, karamel, tereyağlı, kremi, sütlü ve peynir altı suyu gibi) ve tekstür parametreleri (sıklık, soğukluk, buz kristal algısı ve erime oranı) üzerine etkisi incelenmiştir. Buna göre yağ ilavesinin ağızda kremi ve tereyağlı tadı artırırken; soğukluk, buz kristali algısı ve erime oranını azalttığı tespit edilmiştir. Dondurmada şeker oranının artması ile tatlılık, karamel renk ve vanilin algısı artarken; beyazlığın ise azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde yağsız süttozu miktarının artması ile soğukluk, buz kristali ve erime oranı azalırken; kremliliğin arttığı belirlenmiştir (Koeferli, Piccinali ve Sigrist, 1996). Yapılan diğer bir çalışmada, şeker ve yağın vanilyalı dondurmadaki beğenilme durumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 73 erkek ve 73 kadından oluşan bir grup üniversite öğrencisi tarafından şeker ve yağ oranı sırasıyla %8,94 w/w, %18,81 w/w ve %8,73 - %19,9 w/w aralıklarında değişen 9 dondurma örneği tadılarak 9 puanlı hedonik skalada değerlendirilmiştir. Çalışmada puanlama; tekstür, ağız hissi, lezzet ve koku üzerinde yapılmıştır. Tekstür, ağız hissi ve tat bakımından en beğenilen dondurmanın %13,54 şeker ve %14,99 yağ içeren örnek olduğu belirtilmiştir. Tat puanlamasında özellikle erkeklerin kadınlara göre daha yüksek puan verdiği görülürken, tekstür ve ağız hissi değerlendirmesinde ise herhangi bir cinsiyet ayrımı gözlenmemiştir. Çalışma sonucunda optimum şeker ve yağ oranının tekstür ve ağız hissi için %13,16 ve %14,02; tat için %14,07 ve %15,35; tüm beğeni derecesi için ise

%14,30 ve %14,77 olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, yüzey tepki metoduna göre hedonik ölçümlerde şeker miktarının yağ miktarına göre daha etkili olduğu belirtilmiştir (Guinard, Morse, Panyam ve Kilara, 1996). Bir başka çalışmada peynir altı suyu proteini yağ ikame maddesinin düşük yağlı vanilyalı dondurmanın tekstürel ve duyuşsal karakteristikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, normal yağlı (%12), düşük yağlı (%6) ve yağsız (%0,5) vanilyalı dondurma örneklerinde duyuşsal ve enstrümental analizler yapılmıştır. Düşük yağlı ve yağsız dondurma örneklerinde yağ ikame maddesi olarak Simplese® 100 kullanılmıştır. Ticari üretim koşullarına sahip iki işlem denemesi yapılan çalışmada duyuşsal analizler, %6 yağ ikame maddesi ya da süt yağı ihtiva eden numunelerde kanıtlanabilir bir vanilin etkisi olmadığını göstermiştir. Düşük yağlı ve normal yağlı dondurma örnekleri her ne kadar duyuşsal özellikleri bakımından kıyaslanabilir olsa da, eğitimli duyuşsal panel değerlendirmeleri yağsız dondurmanın daha düşük viskozite, pürüzsüzlük ve ağız kaplama özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Dondurmaya ait viskozite verileri de duyuşsal verileri desteklemiştir. Süt yağının yağ ikame maddesine göre dondurmadaki taze süt ve kremamsı lezzeti önemli derecede arttırdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, yağın bir lezzet bileşeni olarak çok elzem olduğu, Simplese® 100 ilavesinin ise tekstürü geliştirici olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Yılsay, Yılmaz ve Bayizit, 2006).

Düşük kalorili dondurma üzerine yapılan başka bir çalışmada, peynir altı suyu protein izolatu ve inülinin yağı azaltmış ve düşük yağlı dondurmanın reolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan normal yağlı (%10), yağı azaltılmış (%6) ve düşük yağlı (%3) dondurma miksleri ve -18 °C'de depolanmış dondurma örneklerinin reolojik özellikleri enstrümental analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Yağı azaltılmış ve düşük yağlı dondurmaların hazırlanmasında, yağ ikame bileşeni olarak %4 peynir altı suyu protein izolatu (WPI) veya %4 inülin kullanılmıştır. Kompozisyon, renk, görünür viskozite, konsistens katsayısı, akış davranış indeksi, sertlik ve erime karakteristikleri ölçülmüştür. WPI veya inülin kullanımının dondurmanın renk değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Normal yağlı dondurma ile kıyaslandığında WPI'nın reolojik özellikleri değiştirdiği, daha yüksek görünür viskozite ve konsistens indeksi oluşturduğu ve Newtonian akıştan büyük sapmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir. Bununla beraber WPI kullanımının yağı azaltılmış ve düşük yağlı dondurmalarda hem sertlik hem de erime direncini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir.

Normal yağlı dondurma ile kıyaslandığında inülin katkısının dondurma sertliğini arttırdığı gözlemlenmiştir. Fakat inülin katkılı dondurma örneklerinin diğer dondurma örneklerine göre önemli ölçüde daha hızlı eridiği tespit edilmiştir (Akalin, Karagozlu ve Unal, 2008).

Yapılan bir çalışmada dondurmada kullanılan şeker alkollerinin şekere kıyasla, öğrenci ve yetişkin nüfus arasındaki kabul edilebilirliği araştırılmıştır. Panelistlere, normal yağlı vanilyalı dondurma ve şekerli dondurma örnekleri tattırılarak beğeni derecelerini çeşit özellikler baz alınarak hazırlanan 9 puanlı hedonik skalada işaretlemeleri istenmiştir. Duyusal analiz sonuçları, normal yağlı dondurma ile kıyaslandığında şeker ihtiva etmeyen dondurmanın tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Panelistler, şeker içermeyen dondurmanın normal dondurmadan daha az tatlı olduğu yönünde puanlama yapmışlardır. Diğer taraftan, tatlılık üzerindeki tercihin cinsiyete göre değiştiği ve erkeklerin daha tatlı olan dondurmayı tercih ettikleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, dondurulmuş sütlü tatlılarda kullanılan şeker ikamelerinin besin profilini geliştirirken beklenen duyusal özellikleri de koruduğunu göstermiştir (Bordi, Crange, Stokols, Palchak ve Powell, 2004). Yapılan bir başka çalışmada, limon otu veya zencefil ekstraktı kullanılarak hazırlanan az şekerli bitkisel dondurma formülasyonu üzerine incelemelerde bulunulmuştur. Çalışmanın amacının, yağ ve şeker içeriği bakımından zengin fakat doğal antioksidanlardan yoksun olan dondurmanın limon otu ve zencefil gibi yüksek antioksidan içeren maddeler kullanılarak az şekerli bitkisel dondurma üretmek olduğu belirtilmiştir. Limon otu veya zencefil kullanılarak, %10, %15 ve %20'lik (w/w) dondurma formülasyonları hazırlanmıştır. Şeker ikame maddesi olarak %80, %90 ve %100'lük (w/w) ksilitol kullanıldığı belirtilmiştir. Duyusal özelliklerin ölçülmesinde 9 puanlı hedonik skalanın kullanıldığı çalışmada; fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerin kontrol örneğiyle kıyaslanarak belirlendiği kaydedilmiştir. Duyusal değerlendirmelerde %15 limon otu veya zencefil ekstraktı ile birlikte %90 ksilitol içeren iki bitkisel dondurma formülasyonlarının 7,28 ve 7,44 puanlarla kabul edilebilirliği en yüksek formülasyonlar olarak belirlenmiştir. Kontrol örneği ile kıyaslandığında az şekerli bitkisel dondurma örneklerinin viskozite, overrun ve sertlik değerlerinde önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Dondurmalarda yapılan kimyasal analizler sonucunda toplam şekerin %65 oranında düştüğü belirlenmiştir. Bununla beraber, bitkisel dondurmanın kontrol örneğine kıyasla daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Az şekerli bitkisel dondurmanın toplam bakteri miktarının 100

kob/mL'den daha az olduğu belirlenmiştir. Araştırcılar, bitkisel ve sağlıklı dondurma üretiminde geliştirilen dondurma formölasyonunun iyi bir prototip olabileceğini ifade etmişlerdir (Chamchan vd., 2017).

#### **2.4. Dondurmaların Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesi**

Dondurmanın farklı biyoaktif bileşenler tarafından zenginleştirilmesi hakkında son zamanlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde; siyah çay ve üç çeşit bitki ayıyla (adaçayı, papatya ve ıhlamur) iki farklı miktar ve sıcaklıkta aromatize edilen süttten dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, dondurmaların fizikokimyasal ve reolojik özellikleri üzerine çay tipi, çay miktarı ve bekletme sıcaklığının etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, süttün bitkisel çaylar ile aromatize edilmesiyle dondurma mikslerinin asitlik ve kül miktarında bir artışın, görünüş ve viskozitelerinde ise bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, duyuusal değerlendirmeler sonucunda genel beğeni bakımından en fazla beğerilen dondurma örneğinin papatya aylı dondurma olduğu, en az beğerilen dondurma örneğinin ise adaaylı dondurma olduğu belirlenmiştir (Karaman ve Karacıyer, 2012). Yapılan bir başka çalışmada, araştırmacılar antioksidan aktivitesi yüksek kırmızı pancar, mor lahana ve brokoli sularının bitkisel yağlı sütlü buza ağırlıkça %2,5, %5 ve %10 oranında ilave ederek fonksiyonel bir dondurma ürününün üretilmesini incelemiştir. Çalışma sonucunda bitkisel yağlı sütlü buza ilave edilen sebze suyu konsantrasyonu arttıkça sütlü buzun kıvam katsayısı ve görünür viskozite değerinin azaldığı belirlenmiştir. Buna karşın, akış davranış indeks değerinde ise önemi bir farklılık gözlemlenmişlerdir. Ayrıca, ilave edilen sebze sularının bitkisel yağlı sütlü buzun fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde etkilediği; toplam fenolik, toplam flavonoid miktarı ile DPPH radikalini yakalama aktivitesinin sebze suyu oranına bağlı olarak artış gösterdiği bulunmuştur. Sebze suyu içeren sütlü buz örnekleri içerisinde en çok beğerilen örneğin %5 brokoli suyu ilaveli sütlü buz olduğu belirlenmiştir (Öztürk, 2012). Bir diğer çalışmada, dondurmaya ilave edilen elajik asit, gallik asit, üzüm çekirdeği ekstraktı, nar kabuğu ekstraktı ve nane esansiyel yağının dondurmanın antioksidatif ve duyuusal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. İlave edilen tüm ekstrakt, esansiyel yağ ve fenol bileşiklerinin dondurmadaki toplam fenol içeriğini artırdığı; elajik asit, gallik asit, nar kabuğu ve üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli dondurmalarındaki antioksidan aktivitenin (DPPH radikal yakalama) kontrol grubu



dondurmalarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, nar kabuğu ekstraktı veya gallik asit ilavesinin fonksiyonel özellikleri artırılmış dondurma üretiminde uygulanabileceğini ifade etmişlerdir (Sagdic, Ozturk, Cankurt ve Tornuk, 2012).

Çok yakın zamanda yapılan iki farklı çalışmada ise meyveli dondurma üretiminde iğde ve kamkat meyvelerinin kullanım olanakları araştırılmıştır. Buna göre, dondurmaya iğde katım oranının artması ile dondurmanın kurumadde, asitlik, vitamin C, viskozite, ilk damla süresi ve erime sürelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, kamkat meyvesinin dondurmaya ilavesi ile katım oranına bağlı olarak dondurmanın asitlik, vitamin C, toplam fenolik, *b* renk değeri ve hacim artışı (overrun) değerlerinde önemli bir artışın gözlemlendiği, dondurmaların görünür viskozite değerlerinde ise önemli bir düşüşün olduğu belirlenmiştir (Cakmakcı vd., 2015; Cakmakcı, Topdaş, Çakır ve Kalın, 2016). Altın çilek meyvesi ilavesinin dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise meyve katım miktarı artıkça dondurmanın asitlik, kül ve toplam kurumadde, viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, dondurmaya altın çilek meyvesinin ilavesiyle Na, K, Fe, Mn, Ni ve Zn gibi makro ve mikro minerallerin miktarlarının arttığı tespit edilmiştir (Erkaya vd., 2012). Benzer şekilde, Kahramanmaraş dondurması üretiminde şeker yerine %50 oranında pekmez kullanımının dondurmada Ca, K, Mn, Fe, Cu, Zn miktarlarını önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir (Yaşar ve Güzeler, 2009).

Literatür verilerine bakıldığında, düşük kalorili dondurma üretiminde çeşitli tatlandırıcılar ve yağ ikame maddelerinin kullanıldığı açıkça görülmektedir. Şeker ikame maddesi olarak polyol olan sorbitol, eritritol ve maltitolün; yağ ikame maddesi olarak ise karbonhidrat türevli Litesse®'nin kullanıldığı bu çalışmada üretilen vanilyalı dondurmanın kalori değerinin normal dondurmaya oranla %25-50 oranında daha düşük olması hedeflenmektedir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Dondurma yapımında kullanılan süt tozu Uşak Süt ve Gıda Ürünleri Sanayi Ticaret A.Ş'den; polidekstroz (Litesse®) Dupont Türkiye Kimyasal Ürünler Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nden; dondurmalarda şeker ikamesi olarak kullanılan eritritol, sorbitol, maltitol ile krema, su, stabilizatör (salep), vanilya ve şeker piyasadaki firmalardan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kimyasal ve standart maddeler analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma–Aldrich (St Louis, ABD)'den satın alınmıştır

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Dondurma Üretimi

Dondurma üretimi, şeker ve tatlandırıcı oranları değiştirilmiş 5 adet formülasyon üzerinden yapılmıştır. Herbir formülasyonun üretimi 2 tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Dondurma formülasyonları aşağıda verildiği gibidir.

**Formülasyon 1 (F1):** Eritritol: Sorbitol karışımını 1:1 oranında içeren dondurma örneği,

**Formülasyon 2 (F2):** Eritritol: Maltitol karışımını 1:1 oranında içeren dondurma örneği,

**Formülasyon 3 (F3):** Maltitol: Sorbitol karışımını 1:1 oranında içeren dondurma örneği,

**Formülasyon 4 (F4):** Eritritol: Sorbitol: Maltitol karışımı 1:1:1 oranında içeren dondurma örneği,

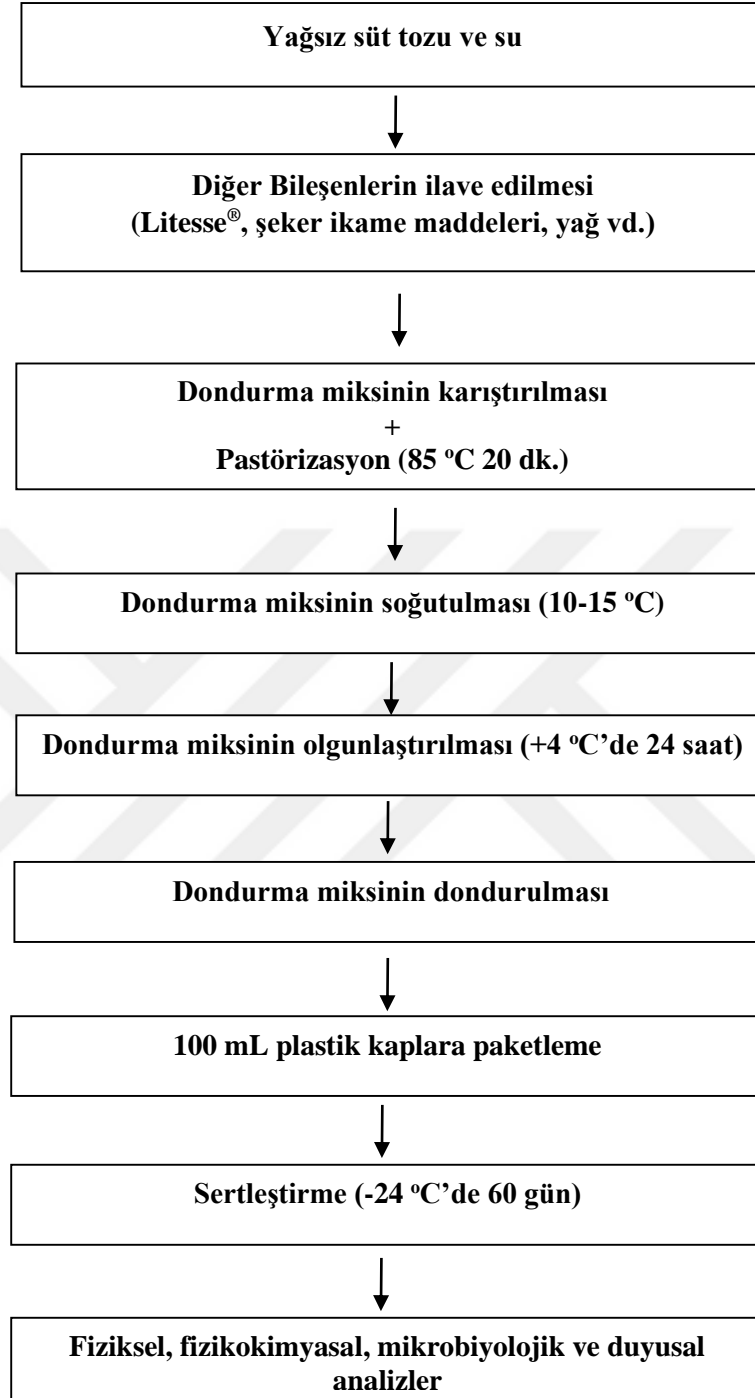
**Formülasyon 5 (F5):** %100 sakkarozdan oluşan dondurma örneğidir (Çizelge 3.1).

Herbir dondurma formülasyonu hazırlanırken %35 toplam kuru madde, %4-5 süt yağı, %10-12 yağsız süt kuru maddesi, %0,20-0,40 stabilizatör ve %15 şeker içerecek şekilde kütle hesaplamaları yapılmış ve dondurma bileşenleri tartılmıştır. Kütle hesaplamalarına göre dondurma formülasyonlarındaki bileşenlerin miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kütle hesaplamaları yapılmış dondurma bileşenleri, su banyosunda 50-60 °C sıcaklığa kadar ısıtılan süt içerisine ilave edilerek eritilmiş ve dondurma miksinin hazırlanması sağlanmıştır. Tüm bileşenleri erimiş dondurma miksleri 85-90 °C'de 15-20 dk. pastörize edilmiştir. Pastörize edilen dondurma miksleri +4 °C'ye soğutulmuş ve 24 saat boyunca +4 °C'de olgunlaştırılması sağlanmıştır. Daha sonra dondurma miksleri batch

tipi dondurma makinasında (Delonghi, Çin) dondurulmuştur. Miksler dondurulduktan sonra 100 mL'lik plastik kaplarda -24 °C'de sertleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sertleştirilen dondurmalar 60 gün boyunca -24 °C'de depolanmış ve depolamanın 3., 15., 30., ve 60. günlerinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır (Şekil 3.1, Resim 3.1, 3.2 ve 3.3).

Çizelge 3.1. Çalışmada oluşturulan dondurma formülasyonlarının bileşimleri

<b>Formülasyon Bileşenler</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F 3</b>	<b>F 4</b>	<b>F 5</b>
<b>Eritritol</b>	37,5 g	37,5 g	-	25 g	-
<b>Sorbitol</b>	37,5 g	-	37,5 g	25 g	-
<b>Maltitol</b>	-	37,5 g	37,5 g	25 g	-
<b>Sakkaroz</b>	-	-	-	-	75 g
<b>Krema</b>	57,1 g	57,1 g	57,1 g	57,1 g	57,1 g
<b>Vanilya</b>	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
<b>Salep</b>	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
<b>Litesse(%6)</b>	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g
<b>Süttozu</b>	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g
<b>Su</b>	284,9 g	284,9 g	284,9 g	284,9 g	284,9 g
<b>Toplam</b>	500 g	500 g	500 g	500 g	500 g



Şekil 3.1 Dondurma üretim akış şeması



Resim 3.1 Dondurma mikserlerinin hazırlanması



Resim 3.2 Dondurma mikserlerinin pastörizasyonu



Resim 3.3 Batch tipi dondurma makinası ve dondurma mikserinin dondurulması

### 3.3. Dondurma Örneklerine Uygulanan Analizler

#### 3.3.1. Fiziksel Analizler

##### 3.3.1.1. Renk Tayini

Dondurmalarda depolama süresince  $L$  (ışık değeri veya aydınlık derecesi),  $a$  (yeşillik-kırmızılık),  $b$  (mavilik-sarılık) değerlerindeki değişimler Minolta CR-400 (Minolta, Japonya) renk cihazıyla ölçülmüştür. Renk ölçümleri, illuminasyon C ve 2° standart gözlem açısı koşullarında gerçekleştirilmiştir (ISO-CIE Standard, 2008).

##### 3.3.1.2. Viskozite Testi

Dondurma miksellerinin reolojik özelliklerini belirlemek için viskozite ölçümleri 1, 3, 10, 12 ve 20 rpm'de S34 nolu spindle ile Brookfield Brookfield LVDV-II+PRO viskozimetresi ile gerçekleştirilmiştir. Viskozite ölçümlerinden örneklere ait reolojik parametreler olan kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksleri(n) Üslü Yasa Modeli'ne (Ostwald-de Waele) göre hesaplanmıştır (Dogan ve Kayacier, 2007).

##### 3.3.1.3. Tekstür Analizi

Dondurma örneklerinde tekstürel analizler Brookfield CT3 tekstür analiz cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümlere ait analiz parametreleri; Ölçüm sıcaklığı:  $20 \pm 1$  °C, Ölçüm probu: TA42 için 6,0 mm çapında silindirik prop. Penetrasyon derinliği: 10 mm, Trigger load: 6,8 g, penetrasyon esnasındaki test hızı: 2 mm/s, penetrasyondan önceki test hızı: 2 mm/s şeklindedir. Dondurma örneklerinin ölçümleri cam bir kap içerisindeki örneğin en geniş ve en uygun yüzeyindeki üç noktadan ikişer paralel olacak şekilde yapılmıştır. Dondurmaların sertlik değerleri TEXTURE PRO CT Software Package kullanılarak hesaplanmıştır (Akbari, Eskandari, Niakosari ve Bedeltavana, 2016).

##### 3.3.1.4. Erime Testi

Dondurma örneklerinin erime özelliği Şahin (2017)'e göre yapılmıştır (Şahin, 2017). Dondurma örnekleri eşit hacimli kaplara  $25 \text{ g} \pm 2$  olacak şekilde tartılmış ve -24 °C'de dondurulmuştur. -24 depolanan dondurma örnekleri 25 °C'ye ayarlanmış soğutmalı inkübatörde (Nüve ES 120, Türkiye) daha önceden sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış beherler üzerinde bulunan 2,5 mm çapında gözenekleri olan tel levhalar üzerine

konulmuş ve dondurma örneklerinin eriyen kısımları hassas terazide ölçülmüştür. Erime oranı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Erime Oranı} = \frac{(M_2 - M_1)}{M_d} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;  $M_2$ : eriyen dondurma miktarı ve beherin ağırlığı (g),  $M_1$ : beherin darası (g),  $M_d$ : dondurma örneğinin ağırlığı

### 3.3.1.5. Hacim Artışı (overrun testi)

Düşük kalorili dondurmalarda ve kontrol örneklerinde overrun değeri Karasu (2009)'da belirtilen şekilde yapılmıştır.

## 3.3.2. Fizikokimyasal Analizler

### 3.3.2.1. pH

Dondurma örneklerinde pH ölçümü pH metre (Mettler Toledo, İsviçre) ile yapılmıştır. Yaklaşık 5 g tartılan dondurma örnekleri 25 mL saf su ile seyreltilmiş ve pH metrenin cam elektrodu örneğe daldırılarak pH okuması yapılmıştır (Bradley vd., 1992).

### 3.3.2.2. Titrasyon Asitliği Tayini

Dondurma örneklerinde titrasyon asitliği Bradley vd. (1999)'e göre yapılmıştır. Dondurma örneklerindeki toplam asit miktarı laktik asit cinsinden g/100 g olarak ifade edilmiştir.

### 3.3.2.3. Nem Tayini

Dondurma örneklerinde nem tayini gravimetrik olarak Bradley vd. (1992)'e göre yapılmıştır. 105 °C'de sabit tartıma getirilmiş çelik nem kaplarına yaklaşık 10 g dondurma örneği tartılmış ve 105 °C'de nemi uçurulan ve sabit tartıma getirilen örneklerdeki nem miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\% \text{ Nem} = \frac{A - B}{\text{Ö}} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada; A: kurutma işleminden sonra çelik kabın ağırlığı(g), B: çelik nem kabının darası (g), Ö: Örnek miktarı (g)

#### 3.3.2.4. Kül Tayini

Dondurma örneklerinde kül tayini, 600 °C'de ki kül fırınında örneklerin külleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir (Bradley vd., 1992). Önceden 600 °C'de sabit tartıma getirile porselen krozelere yaklaşık 5 g dondurma örneği tartılmış ve örnekler kül fırınında dereceli sıcaklık artışı ile 600 °C'de külleştirilmiştir. Külleştirme işlemine örneklerin homojen beyazımsı renk alması ile birlikte son verilmiştir. Kül miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\% \text{Toplam kül miktarı} = \frac{A-B}{\ddot{O}} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada; A: külleştirme işleminden sonra porselen krozenin ağırlığı (g), B: porselen krozenin darası (g), Ö: Örnek miktarı (g)

#### 3.3.2.5. Protein Tayini

Dondurma örneklerinde protein tayini Kjeldahl yöntemi esas alınarak Bradley vd. (1992)'a göre yapılmıştır. Buna göre; Kjeldahl tüpüne yaklaşık 1 g dondurma örneği tartılmış ve üzerine 25 mL sülfürik asit (d=1,82 g/mL) eklenmiştir. Tüplere Kjeldahl yakma tableti ilave edildikten sonra örneklere 380 °C'de yaş yakma ünitesinde (Gerhardt, Almanya) yakma işlemi yapılmıştır. Yakma işleminden sonra soğuyan Kjeldahl tüpüne 40 mL saf su ilave edilerek ve %2'lik borik asit varlığında buharlı destilasyon ünitesinde (Gerhardt, Almanya) distilasyonu gerçekleştirilmiştir. Damıtma sonucunda elde edilen amonyum borat 0,1 N HCl ile çözelti rengi açık pembe renge dönüşüncüye kadar titre edilmiştir. Toplam azot ve toplam ham protein miktarı aşağıdaki formüller göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{Toplam azot miktarı} = \frac{(V1-v) \times N \times F \times 0,014}{\ddot{O}} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\% \text{ Ham protein miktarı} = \% \text{ Toplam azot} \times 6,25 \quad (3.5)$$



Burada; V1: Titrasyonda harcanan HCl miktarı (mL), v: Şahit denemede harcanan HCl miktarı (mL), N: Titrasyonda kullanılan HCl çözeltilisinin normalitesi, Ö: Örnek miktarı (g)

### **3.3.2.6. Yağ Tayini**

Dondurma örneklerinde yağ tayini van Gulik Gerber yöntemine göre yapılmıştır (Bradley vd., 1992). Yaklaşık 10 g dondurma örneği 10 mL saf su ile seyreltilerek, içerisinde sülfürik asit (1,82 g/ml) bulunan butirometreye 11 mL alınarak homojen şekilde ilave edilmiştir. Daha sonra, butirometreye 1 mL amil alkol ilave edilip butirometrenin ağzı kauçuk tıpa ile sıkıca kapatılmıştır. Butirometre alt ve üst edilerek içerisindeki yağ harici kısımların çözülmesi sağlanmıştır. Butirometreler, Gerber santrifüjene yerleştirilerek 60 °C'de 5 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme sonunda butirometrelerin okuma işlemi yapılarak dondurmalarındaki % yağ miktarı belirlenmiştir.

### **3.3.3. Uçucu Bileşen Analizi**

#### **3.3.3.1. Dondurma Örneklerinin Ekstraksiyonu**

Dondurma örneklerinde bulunan uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu için katı faz mikroekstraksiyon metodu (SPME) kullanılmıştır (Pawliszyn, 2012). 3 g dondurma örneği homojen bir şekilde 40 mL SPME vialine (Supelco, Bellafonte, ABD) alınarak vialin içerisine 1g NaCl ve 5 µL iç standart (1 ml'sinde 0,1 µL 2-metil valerik-asit asidik karakterli aroma maddeleri için ve 0,6 µL 2-metil-3-heptanon-bazik/nötral karakterli aroma maddeleri için içerir) ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler vorteks yardımı ile 1 dk. karıştırılmıştır. İçerisinde örnek bulunan vial 40 °C'deki su banyosunda 20 dk. tutulmuştur. Böylece uçucu bileşenlerin SPME vialinin tepe noktasında dengeye gelmesi sağlanmıştır. 20 dk. sonunda SPME fiberi (2 cm-50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS stable flex, Bellafonte, ABD) vialin tepe boşluğuna yerleştirilerek 20 dk. boyunca uçucu bileşenlerin fiber üzerinde toplanması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, SPME fiberi GC-MS'e enjekte edilmiştir.

### 3.3.3.2. Dondurma Örneklerinde Uçucu Bileşenlerin Tanımlanması ve Miktarının Belirlenmesi

Dondurma örneklerinde oluşan uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenme işlemi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrofotometresi (GC-MS) ile gerçekleştirilmiştir. GC-MS koşulları aşağıda belirtilmiştir;

**Kolon:** HP 5 MS (J&W, Agilent, ABD)

**Taşıyıcı gaz:** Helyum, 1,2 ml/dk

**Fırın programı:** Fırının başlangıç sıcaklığı 40 °C'de 5 dk., Ramp 10 °C/dk, 230 °C, son sıcaklık 230 °C'de 20 dk.

**MS şartları:** Kapiler arayüz sıcaklığı 280 °C, iyonizasyon enerjisi 70 eV, kütle aralığı 35-350 amu, tarama hızı 4,45 scans/s.

Eksktrakte edilen uçucu bileşenlerin GC-MS ile kantitatif analizi Avşar vd., (2004) göre gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Ortalama oransal bolluk } (\mu\text{g/kg}) = \frac{\text{IS konsantrasyonuxuçucu maddenin pik alanı}}{\text{IS'nin pik alanı}} \quad (3.6)$$

Burada; IS: 1 ml'sinde 0,1 µL 2-metil valerik asit ve 0,6 µL 2-metil-3-heptanon içeren iç standart.

Aroma maddelerinin tanımlanmasında gerekli olan alıkonma indeksleri aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Van den Dool ve Kratz, 1963)

$$\text{RI} = 100n + 100 [(\text{tRa} - \text{tRn})] / [(\text{tRN} - \text{tRn})] \quad (3.7)$$

Burada; RI: alıkonma indeksi, n:küçük alkanın karbon sayısı, tR<sub>n</sub>: küçük alkanın alıkonma zamanı, tR<sub>N</sub>: Büyük alkanın alıkonma zamanı

### 3.3.4. Dondurma Mikslerinin Kalori Değerinin Hesaplanması

Üretilen dondurma mikslerinin kalori değerleri Atwater hesaplama yöntemiyle belirlenmiştir (Merrill ve Watt, 1973).

### 3.3.5. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizi

Üretilen dondurma örneklerinin termal özellikleri olan kristalizasyon derecesi ve erime entalpisi değerleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde Prof. Dr. Emin YILMAZ'ın araştırma laboratuvarında DSC analizleri gerçekleştirilmiştir. Dondurmalarda, DSC analizleri Soukoulis vd. (2009)'a önerdiği metoda göre yapılmıştır.

### 3.3.6. Kızılötesi Spektrometre Analizi

Dondurma örneklerinin kızılötesi spektralarını toplayabilmek için Nicolet iS50 Flex Gold kızılötesi spektrometresi (Thermo Fisher Scientific, Madison, WI, USA) kullanılmıştır. Cihazda, hem yakın hem de orta dalga boylarında çalışabilmeyi sağlayan ve iki bölgeyi de kapsayan Ge kaplı KBr beamsplitter (ışın ayırıcı) bulunmaktadır (11000-375  $\text{cm}^{-1}$ ). Ancak dondurma örneklerinin sadece 4000-700  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığındaki spektraları toplanmıştır. Örneklerinin FT-MIR spektralarını toplamak için kullanılan Nicolet IS50 cihazı bu uygulama için Ge kaplı KBr beamsplitter (ışın ayırıcı) ve deuterated, L-alanine doped triglycine sulfate (DLaTGS/KBr) detektör içermektedir. Sistemin tek sıçramalı (single bounce) Zn-Se kristal ATR (single bounce Attenuated total reflectance) (GoldenGate™, Specac Ltd., UK) aksesuarı dondurmaların spektralarının toplanmasında kullanılmıştır. Spektraların toplanmasında 4  $\text{cm}^{-1}$  spektral çözünürlükte 64 spektra toplanarak sinyal gürültü oranının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Her bir örnek için kızılötesi spektra toplama işlemi, 2 kez tekrarlanmış ve daha sonra toplanan 2 spektranın ortalaması alınarak her bir örnek için tek bir final spektrum elde edilmiştir. Toplanan spektralar Omnic 9 spektroskopik analiz yazılımı (Thermo Fisher Scientific, Madison, WI, USA) kullanılarak SPC uzantılı olarak kişisel bir bilgisayara kaydedilmiştir. Spektra toplama işleminden önce örneklerin oda sıcaklığına ( $25 \pm 2$  °C) gelmeleri için yaklaşık 30 dakika beklenmiştir (sıcaklığın spektralar üzerinde etkisi olduğundan dolayı). Dondurmaların orta kızılötesi spektralarını toplamak için, örneklerden 1.5 mm çapındaki kristali kaplayacak kadar bir miktar direkt olarak kristalin üzerine pastör pipeti yardımıyla konulmuş ve kızılötesi spektralar toplanmıştır. Her örnekten önce ortamın arka plan (background) spektrası da toplanarak çevresel faktörlerin spektra üzerine etkisi minimize edilmiştir. Ölçümler arasında kristal % 70'lik etanol ile temizlenmiştir. Toplanan

spektraların detaylı incelenmesinde kemometrik bir yazılım olan Pirouette 4.5 (Infometrix, Inc., Bothell, WA, USA) kullanılmıştır.

### **3.3.7. Mikrobiyolojik Analizler**

Mikrobiyolojik analiz olarak dondurma örneklerinde toplam psikrofilik aerobik canlı sayısı ve toplam maya-küf sayısı dökme plak yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Dondurma örneklerinde mikrobiyolojik analizler FDA-BAM, (2001)'e göre gerçekleştirilmiştir (FDA-BAM-3, 2001). Psikrofil aerob bakteri sayımları için Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılırken maya ve küf sayımları Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) besiyeri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz için her bir dondurma örneğinden steril stomacher poşetine 10 g tartılmış ve üzerine 90 mL steril %1'lik peptonlu su ilave edilmiştir. Karışım 1 dk. boyunca stomacher cihazında homojen hale getirilmiştir. Daha sonra hazırlanan karışımdan %1'lik peptonlu su kullanılarak bir seri dilüsyonlar ( $10^{-1}$ - $10^{-6}$ ) hazırlanmış ve 1 mL örnek (dökme plak yöntemine göre) steril petri kabına pipetlenmiştir. Petri kabı yaklaşık 50 °C'deki uygun besiyeri yaklaşık 15 mL dökülerek besiyeri karıştırılmış ve donması sağlanmıştır. Petri kapları toplam maya ve küf sayımı için  $25 \pm 2$  °C'de 3-5 gün, psikrofil aerob bakteri sayımı için +4 °C'de 7-10 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petrilere gelişen koloniler sayılarak mikrobiyolojik sayımlar log kob/g olarak ifade edilmiştir.

### **3.3.8. Duyusal Analizler**

Dondurma örneklerini görünüş, kıvam ve lezzet açısından değerlendirmek amacıyla tüketici testi uygulanmıştır (Meilgaard, Civille ve Carr, 1999). Tüketici testi için derin dondurucudan çıkarılan dondurma örnekleri 25-30 mL olacak şekilde 3 basamaklı rastgele kodlanmış şeffaf plastik kaplara konularak panelistlere sunulmuştur. Panelistlerin, örnekleri 9 puanlık hedonik skalaya göre görünüş, kıvam, tat-koku özellikleri yönünden değerlendirmeleri ve dondurma örneklerini en çok beğendiğinden (1. sıra) en az en beğendiğine (5. sıra) doğru sıralaması istenmiştir. Tüketici testine Uşak Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde okuyan öğrencilerden 60 kişi katılmıştır. Panelistlere, sunulan 9 puanlı hedonik skala Ek 1'de verilmiştir.

### 3.3.9. İstatistiksel Analizler

Çalışmada üretilen dondurmaların fiziksel kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri arasındaki değişimleri belirlemek amacıyla tek yönlü (*One-way ANOVA*) ve çift yönlü (*two-way ANOVA*) varyans analizi teknikleri kullanılmıştır. Varyans analizinin ön şartlarını yerine getiremeyen veriler için transformasyon uygulanmıştır. Transformasyon uygulanan verilerde de ön şartlar yerine gelmediği takdirde varyans analizinin parametrik karşılığı olan WELCH testi kullanılmıştır. İstatistiksel olarak önemli olan farklılıkların karşılaştırılması amacıyla TUKEY çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerde kullanılan modeller eşitlik 7 ve 8’de verilmiştir (Sheskin, 2004). Tüm istatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS for Windows (version 20.0) (SPSS, 2011), Minitab (version 16) paket programlarından yararlanılmıştır.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (3.8)$$

Burada;  $Y_{ij}$ :i dondurmasının j deneyindeki değeri,  $\mu$ : genel popülasyon ortalamasını,  $e_{ij}$ : rastgele hata terimini göstermektedir.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad (3.9)$$

Burada;  $Y_{ijk}$ :i dondurmasının j depolaması süresindeki k deneyinin değeri,  $\alpha_i$ : dondurma çeşidinin etkisini ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ),  $\beta_j$ : depolama süresinin etkisini ( $j=1, 2, 3$ ),  $e_{ij}$ : rastgele hata terimini göstermektedir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Dondurma örneklerine ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yapılan varyans analizleri sonucunda, üretilen dondurma örnekleri arasında kül miktarı (%) hariç kurumadde (%), yağ (%) ve azot (%) miktarları açısından önemli bir fark bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Buna göre, dondurma örneklerinin kurumadde, yağ ve azot miktarlarının sırasıyla % 35,71-38,38, % 4,0-4,40, % 0,53-0,67 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, en düşük kül miktarı sakkaroz kullanılarak üretilen dondurma formülasyonu olan F5 örneğinde belirlenmiş olup diğer örneklerin kül miktarları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Dondurma örneklerinin genel kompozisyonuna ait elde edilen bulgular yapılan bazı çalışmalarla benzerdir (Aime, Arntfield, Malcolmson ve Ryland, 2001; Hatipoğlu, 2007; Prindiville, Marshall ve Heymann 2000). Buna göre, Prindiville vd. (2000), %2,5 kakao yağı içeren dondurma örneğinde yağ ve toplam kurumadde miktarını sırasıyla %2 ve %40,2 bulurken %2,5 Simplese® içeren örnekte bu değerleri sırasıyla %0,7 ve %39,6 olarak tespit etmişlerdir. Aime vd. (2001) çalışmalarında, %2,4 süt yağı içeren düşük yağlı dondurma örneklerinde protein değerinin %3,38, toplam kurumaddenin ise %34 olduğunu tespit etmişlerdir. Kaçar ve Şahan (2004) yapmış oldukları çalışmada dondurmaların kurumadde, yağ ve protein miktarlarını sırasıyla %27,47-22,22, %2,70-3,10 ve %6,25-4,28 olarak bulmuşlardır. Hatipoğlu (2007), yağ ikame maddesi olarak %2 Maltrin 040 ve %6 Simplese® kullandığı çalışmasında en yüksek kül miktarının %10 yağ içeren dondurma örneğinde olduğunu, en düşük kül miktarının ise %2,5 Maltrin içeren örneklerin 60. depolama gününde olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, yağ ikame ilavesinin yağ düzeyinin ve yağ x ikame interaksiyonunun dondurma örneklerinin kül değeri üzerinde önemli etkisinin olduğu bulunmuştur. Akalın, Karagözlü ve Ünal (2008) peynir altı suyu protein izolatu ve inülin kullanarak hazırladıkları yağı azaltılmış ve az yağlı dondurma örneklerinde toplam kurumadde, yağ ve protein miktarlarının sırasıyla %36,9-40,2, %3,2-9 ve %3,7-8,0 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Aykan vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada; %0,6 Simplese® içeren düşük kalorili yağı azaltılmış dondurmanın yağ miktarını %1,57, toplam kurumadde miktarının ise %32,06 olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4.1. Dondurma örneklerinin genel kompozisyonu

Dondurma örneği	Kimyasal özellikler			
	Ortalama±S.H			
	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Azot (%)
F1	37,65±0,08	4,0±0,01	1,96±0,07 <sup>A</sup>	0,66±0,03
F2	38,38±0,01	4,40±0,01	2,06±0,03 <sup>A</sup>	0,67±0,01
F3	35,71±2,17	4,0±0,01	1,87±0,04 <sup>AB</sup>	0,67±0,02
F4	37,36±0,05	4,40±0,01	1,69±0,05 <sup>AB</sup>	0,64±0,24
F5	37,88±0,08	4,0±0,01	0,91±0,01 <sup>B</sup>	0,53±0,11
<b>P değeri</b>	0,099	0,162	0,014	0,932

S.H: standart hata. <sup>A-B</sup> Dondurmaların kül değerlerinde farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P<0,05$ )

Depolama süresince, dondurma örneklerinde belirlenen asitlik ve pH değişimleri sırasıyla Çizelge 4.2 ve 4.3’de verilmiştir. Örneklerin asitlik değerlerinin, depolama süresince dondurma çeşidine göre değişim gösterdiği belirlenirken (interaksiyon etkisi), pH değerlerine ise depolama süresi ve dondurma çeşidinin ayrı ayrı etkisinin olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Buna göre, en düşük asitlik değeri F1 örneğinde depolamanın 30. gününde tespit edilirken (%0,11), en yüksek asitlik değeri F5 örneğinde 3. günde tespit edilmiştir (% 0,24). F2, F3 ve F4 örneklerinin asitlik değerlerinde depolama süresince önemli bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.2). F5 örneği dışında diğer tüm örneklerde en düşük asitlik değeri depolamanın 3. gününde belirlenirken, diğer depolama günlerinde örneklerin asitlik değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $P>0,05$ ). Örneklerin pH değerleri incelendiğinde, tüm örneklerin pH değerinin 7,28’den 7,39’a arttığı görülmüştür. Diğer taraftan, örnekler kendi arasında incelendiğinde en yüksek pH değerine F5 örneğinin en düşük pH değerine ise F2 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Kaçar ve Şahan (2004) maltodekstrin ve polidekstroz kullanarak elde ettikleri enerjisi azaltılmış dondurma ürünlerinde pH değerini 6,35-6,48 aralığında bulurken asitlik miktarını %0,181-0,253 aralığında belirlemişlerdir. Yağ ikame maddesi olarak Maltrin 040 ve Simplese<sup>®</sup> kullanılarak üretilen yağ oranı düşürülmüş dondurmaların kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada (Hatipoğlu, 2007); %18 şekerli, %10, %7,5, %5 ve %2,5 yağ içeren dondurma örnekleri üzerinde çalışılmıştır. Dondurma örneklerinde pH analizi depolamanın 1., 7., 15., 30., 60. ve 90. günlerinde yapılmıştır. En yüksek pH değeri (6,43) Simplese<sup>®</sup> ilave edilen örneklerde depolamanın 1. gününde, en

düşük pH değeri ise Simplese® ilave edilmiş örneklerde depolamanın 60. gününde olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre pH değeri üzerinde yağ ikame katkısının, yağ düzeyinin, depolama süresinin ve yağ x ikame maddesi interaksyonunun etkili olduğu belirtilmiştir. Karaca ve ark. (2009) Simplese® kullanarak elde ettiği düşük yağlı dondurma örneğinde pH ve asitlik değerlerini sırasıyla 6,38 ve %0,21 olarak belirlemiştir. Sarıoğlu (2015), düşük kalorili dondurma üretiminde stevia ekstraktı kullanımının ürünün kalite kriterleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmada, %15 sakkaroz, %1,5 stevia, %0,08 aspartam ve %1,5 aspartam+asesülfam-K içeren dondurma örneklerinin 180 günlük depolama süresi boyunca pH değerlerini 6,50-6,69 aralığında olduğunu belirtmiştir. Depolama boyunca tüm dondurma örneklerindeki pH değişiminin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 4.2. Depolama süresince dondurma örneklerinin asitlik değişimi

Dondurma örneği	Asitlik (% laktik asit)			
	Ortalama±S.H			
	Depolama (gün)			
	3	15	30	60
F1	0,14 ± 0,01 <sup>AB,b</sup>	0,17±0,01 <sup>A,a</sup>	0,11±0,03 <sup>B,a</sup>	0,16±0,01 <sup>AB,a</sup>
F2	0,15±0,01 <sup>A,b</sup>	0,18±0,01 <sup>A,a</sup>	0,16±0,01 <sup>A,a</sup>	0,17±0,01 <sup>A,a</sup>
F3	0,13±0,01 <sup>A,b</sup>	0,16±0,01 <sup>A,a</sup>	0,16±0,01 <sup>A,a</sup>	0,17±0,01 <sup>A,a</sup>
F4	0,14±0,01 <sup>A,b</sup>	0,16±0,01 <sup>A,a</sup>	0,15±0,01 <sup>A,a</sup>	0,16±0,01 <sup>A,a</sup>
F5	0,24±0,01 <sup>A,a</sup>	0,16±0,01 <sup>B,a</sup>	0,15±0,01 <sup>B,a</sup>	0,15±0,01 <sup>B,a</sup>
<b>P değeri</b>	0,01			

S.H: standart hata. <sup>A-B</sup>Depolama süresince farklı büyük harflerle gösterilen aynı örneğe ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ ). <sup>a-b</sup>Aynı depolama gününde farklı küçük harflerle gösterilen örneklere ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

Çizelge 4.3. Depolama süresince dondurma örneklerinin pH değişimi

Dondurma örneği	pH					
	Ortalama±S.H					
	Depolama (gün)					
	3	15	30	60	Toplam	<b>P değeri</b>
F1	7,24±0,04	7,24±0,04	7,30±0,01	7,39±0,05	7,29±0,01 <sup>ab</sup>	0,01
F2	7,24±0,01	7,24±0,01	7,26±0,01	7,35±0,01	7,27±0,01 <sup>b</sup>	
F3	7,27±0,01	7,27±0,01	7,33±0,03	7,44±0,05	7,33±0,01 <sup>ab</sup>	
F4	7,30±0,01	7,30±0,01	7,34±0,01	7,37±0,01	7,33±0,01 <sup>ab</sup>	
F5	7,34±0,01	7,27±0,03	7,35±0,01	7,39±0,01	7,34±0,01 <sup>a</sup>	
<b>Toplam</b>	7,28±0,01 <sup>C</sup>	7,26±0,01 <sup>C</sup>	7,32±0,01 <sup>B</sup>	7,39±0,01 <sup>A</sup>		
<b>P değeri</b>	0,01					

S.H: standart hata. <sup>A-C</sup>Her bir depolama günü için farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ ). <sup>a-b</sup> Her bir örnek için farklı küçük harflerle gösterilen depolama ortalmalarını arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )



## 4.2. Fiziksel Analiz Sonuçları

### 4.2.1. Renk Değerleri

Gıdalarda *L* renk değeri aydınlık-karanlık, *b* renk değeri sarı-mavi, *a* renk değeri ise kırmızı-yeşil renk değişimlerini göstermektedir. Gıda maddelerinin rengi; ürünün yağ içeriği, ısıl işlemin süresi ve sıcaklığı, kullanılan hammaddelerin içeriği, doğal renk pigmentleri ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Dondurmada, özellikle kullanılan hammadde ve katkı maddelerinin renk özellikleri ile üretim esnasında uygulanan ısıl proseslerin renk üzerine önemli etkisinin olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan renk, dondurmanın lezzetiyle de ilişkilendirilmektedir. Örneğin; uygun miktardaki sarı renk ile renklendirilmiş vanilyalı dondurmalar doğal süt kreması ile yapılmış gibi algılanmaktadır (Abbuckle, 1986; Henry 1992).

Yapılan çalışmada, dondurma örneklerine ait *L*, *a* ve *b* renk değerlerindeki değişimler Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir. Dondurma örneklerinin *L* renk değerlerine dondurma çeşidi ve depolama süresinin interaksiyon etkisinin önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Buna göre; F1, F2 ve F3 örneklerinin *L* renk değerleri depolamanın 60. gününde artarken, F4 örneğinin *L* renk değeri 30. günde, F5 örneğinin ise 15. günde artmıştır. Depolamanın 3. gününde dondurma örneklerinin *L* renk değerleri açısından bir fark bulunmazken, 15. gününde en yüksek *L* renk değerine F5 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününde ise *L* renk değeri açısından F1, F2, ve F3 örnekleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.4. Dondurma örneklerine ait *L* renk değerleri

Dondurma örneği	<i>L</i> renk değeri			
	Ortalama±S.H			
	Depolama (gün)			
	3	15	30	60
F1	86,13±0,44 <sup>B,a</sup>	85,01±0,69 <sup>B,b</sup>	86,98±0,40 <sup>B,b</sup>	94,80±2,39 <sup>A,a</sup>
F2	88,97±0,13 <sup>B,a</sup>	88,17±1,13 <sup>B,b</sup>	89,36±0,90 <sup>B,b</sup>	97,64±1,70 <sup>A,a</sup>
F3	90,07±0,25 <sup>B,a</sup>	88,50±0,84 <sup>B,b</sup>	89,23±0,29 <sup>B,b</sup>	99,59±0,22 <sup>A,a</sup>
F4	89,77±0,15 <sup>B,a</sup>	90,02±0,41 <sup>B,b</sup>	98,44±1,15 <sup>A,a</sup>	98,95±0,35 <sup>A,a</sup>
F5	89,83±0,02 <sup>B,a</sup>	98,58±1,52 <sup>A,a</sup>	100,97±0,73 <sup>A,a</sup>	99,83±0,31 <sup>A,a</sup>
<i>P değeri</i>	0,01			

S:H:standart hata. <sup>A-B</sup>Depolama süresince farklı büyük harflerle gösterilen aynı örneğe ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ ). <sup>a-b</sup>Aynı depolama gününde farklı küçük harflerle gösterilen örneklere ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

*a* renk değerleri incelendiğinde, depolama süresi ve dondurma çeşidinin dondurma örneklerinin *a* renk değerleri üzerine ayrı ayrı etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Depolama süresince dondurmaların *a* renk değerinin genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bununla beraber 60 gün depolama sonunda F2 ve F3 örneklerinin ortalama *a* renk değerlerinin sırasıyla -1,86 ve -1,97 olarak diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5). Dondurma örneklerinin *b* renk değerleri üzerine sadece depolama süresinin etkisi olduğu bulunmuştur. Buna göre, dondurma çeşidi gözetilmeksizin dondurma örneklerinin *b* renk değerlerinin depolama süresince arttığı ve bu artışın depolamanın 30. gününde önemli olduğu olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde, dondurma örneklerinin renk değerlerindeki değişimlerin kullanılan hammaddeden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Nitekim, sakkaroz kullanılarak üretilen dondurma örneklerinde yağ içeriğinin duyu özellikler, erime, renk ve sertlik üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Roland vd., 1999); %3 süt yağı içeren dondurma örneğinin *L*, *a* ve *b* renk değerleri sırasıyla 86,1, -0,2 ve 6,9 iken %7 yağ içeren örnekte bu değerlerin sırasıyla 86,9, 0,3 ve 7,8 olduğu ve yine aynı değerlerin %7 yağ içeren örnekte sırasıyla 89,1, 0,8 ve 7,8 olduğu rapor edilmiştir. Düşük yağlı dondurmalara soya proteini takviyesinin yapıldığı bir çalışmada (Friedeck, Karagul-Yuceer ve Drake, 2003), diğer ingrediyeentlerin miktarı aynı olan dondurma örneklerine %0, %2 ve %4 oranında soya proteini ilave edilmiştir. %0, %2 ve %4 oranında soya proteini ihtiva eden dondurma örneklerinin *L* renk değerleri sırasıyla 80,22, 78,39 ve 76,40 iken, *a* renk değerleri sırasıyla 4,12, 2,99, 2,12 ve *b* renk değerleri ise sırasıyla 10,47, 11,11 ve 11,99 olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar, *L* ve *a* renk değerlerinin soya proteini miktarıyla orantılı olarak arttığını belirtirken sarılık değerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Akalın vd. (2008) peynir altı suyu protein izolatu ve inülin içeren yağ azaltılmış ve az yağlı dondurmalar üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, %3 süt yağı ve peynir altı suyu proteini içeren dondurmanın *L*, *a* ve *b* renk değerlerini sırasıyla 85,6, 3 ve 10,2 bulurken %3 süt yağı ve inülin içeren dondurmanın *L*, *a* ve *b* renk değerlerini ise sırasıyla 85,3, 3,5 ve 10,2 olarak bulmuşlardır. Yağ ikame maddesi olarak kullanılan inülinin sükröz ve mısır şurubu ile tatlandırılan az yağlı vanilyalı dondurmanın kalite kriterleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise (Tiwari vd., 2014), %0, %2, %4 ve %6 oranında inülin kullanarak üretilen dondurma örneklerinde *L* renk değerleri sırasıyla; 90, 89, 87, 84 bulunurken, *a* renk değerleri sırasıyla 2,9, 2,4 2,2 2,1; *b* renk

değerleri ise sırasıyla 14,3, 10,4, 8,1 ve 7,6 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, dondurmaya ilave edilen inülin miktarının artmasıyla *L*, *a* ve *b* renk değerlerinin azaldığı görülmüştür. Düşük kalori özelliği bulunmayan dondurmalarda yapılan çalışmalarda da renk değerleri açısından benzer bulgular ortaya konmuştur (Karasu, 2009; Öztürk, 2012). Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzlar üzerine yapılan bir çalışmada (Karasu, 2009) soya yağı, zeytin yağı ve ayçiçek yağı (kontrol gurubu) ile hazırlanan örnekler üzerinde çalışılmıştır. Formülasyonlarda stabilizatör olarak; ksantan, locust bean gum (LBG), sodyum aljinat, LBG+ksantan gum, LBG+sodyum aljinat ve ksantan gum+sodium aljinat kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda soya yağı ilave edilen örneklerde en yüksek *L*, *a*, *b* değerlerinin (63,38, -3,51, -0,63) LBG+ksantan gum içeren örneğe ait olduğu görülürken, zeytin yağı ile hazırlanan örnekte en yüksek *L*, *a* ve *b* renk değerlerinin (62,47, -3,51, 0,63) yine LBG+ksantan gum içeren örneğe ait olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneğinin *L* değeri ise 61,13 olarak tespit edilmiştir. Öztürk (2012)'ün yapmış olduğu bir çalışmada kırmızı pancar (%2,5, %5, %10), mor lahana (%2,5, %5, %10) ve brokoli suyu (%2,5, %5, %10) ilave edilerek üretilmiş %14 sakkaroz içeren bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinde kontrol gurubunun *L*, *a* ve *b* renk değerleri sırasıyla 65,23, -1,53 ve 2,55 olarak bulunmuştur. %2,5, %5 ve %10 oranlarında kırmızı pancar suyu ilave edilen örneklerin *L* renk değerleri sırasıyla; 56,61, 52,18 ve 46,33, *a* renk değerleri sırasıyla 9,98, 14,98 ve 19,97 iken *b* renk değerleri ise sırasıyla 1,80, 2,59 ve 4,32 olarak bulunmuştur. Sonuçlar kırmızı pancar konsantrasyonunun artmasıyla *L* renk değerinin azaldığını, *a* ve *b* renk değerlerinin ise arttığını göstermiştir. %2,5, %5 ve %10 oranlarında mor lahana suyu ilave edilen örneklerde *L*, *a* ve *b* değerleri sırasıyla 56,45, 52,32, 45,75; -4,93, -6,32, -6,34 ve -7,07, -10,59, -14,70 olarak bulunmuştur. Bulgular lahana suyu konsantrasyonunun artmasıyla *L* ve *b* renk değerinin azaldığını göstermiştir. %2,5, %5 ve %10 oranlarında brokoli suyu ihtiva eden örneklerin *L*, *a* ve *b* değerleri ise sırasıyla 64,65, 63,91, 62,56 (*L* değeri); -2,32, -2,92, -3,91 (*a* değeri) ve 4,66, 6,28 9,13 (*b* değeri) olarak rapor edilmiştir.

Çizelge 4.5. Dondurma örneklerine ait *a* renk değerleri

Dondurma örneği	<i>a</i> renk değeri					<i>P</i> değeri
	Ortalama± S.H					
	Depolama (gün)					
	3	15	30	60	Toplam	
F1	-2,02±0,10	-2,54±0,09	-1,97±0,12	-2,38±0,16	-2,23±0,10 <sup>bc</sup>	0,01
F2	-1,60±0,07	-1,97±0,17	-1,59±0,17	-2,30±0,12	-1,86±0,12 <sup>a</sup>	
F3	-1,84±0,04	-2,17±0,10	-1,79±0,02	-2,08±0,02	-1,97±0,06 <sup>a</sup>	
F4	-2,19±0,05	-2,42±0,01	-2,48±0,10	-2,71±0,01	-2,45±0,07 <sup>c</sup>	
F5	-2,03±0,05	-2,14±0,85	-2,15±0,02	-2,52±0,22	-2,21±0,08 <sup>b</sup>	
<b>Toplam</b>	-1,97±0,06 <sup>A</sup>	-2,22±0,08 <sup>B</sup>	-2,07±0,10 <sup>A</sup>	-2,49±0,07 <sup>B</sup>		
<b><i>P</i> değeri</b>	0,01					

S:H:standart hata. <sup>A-C</sup>Her bir depolama günü için farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ ). <sup>a-b</sup> Her bir örnek için farklı küçük harflerle gösterilen depolama ortalmalarını arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

Çizelge 4.6. Dondurma örneklerine ait *b* renk değerleri

Dondurma örneği	<i>b</i> renk değeri					<i>P</i> değeri
	Ortalama±S.H					
	Depolama (gün)					
	3	15	30	60	Toplam	
F1	10,06±0,98	11,58±0,01	12,03±0,83	12,93±1,11	11,65±0,50	0,08
F2	10,48±0,14	11,65±0,68	11,67±1,04	14,18±0,96	11,99±0,59	
F3	10,36±0,04	10,64±0,19	10,97±0,47	11,70±0,28	10,92±0,22	
F4	10,37±0,38	10,44±0,33	11,03±0,88	12,66±0,20	11,12±0,40	
F5	10,54±0,04	12,30±0,93	11,94±0,08	13,38±0,97	12,04±0,46	
<b>Toplam</b>	10,36±0,16 <sup>C</sup>	11,32±0,29 <sup>BC</sup>	11,52±0,29 <sup>B</sup>	12,97±0,38 <sup>A</sup>		
<b><i>P</i> değeri</b>	0,01					

S:H:standart hata. <sup>A-C</sup>Her bir depolama günü için farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

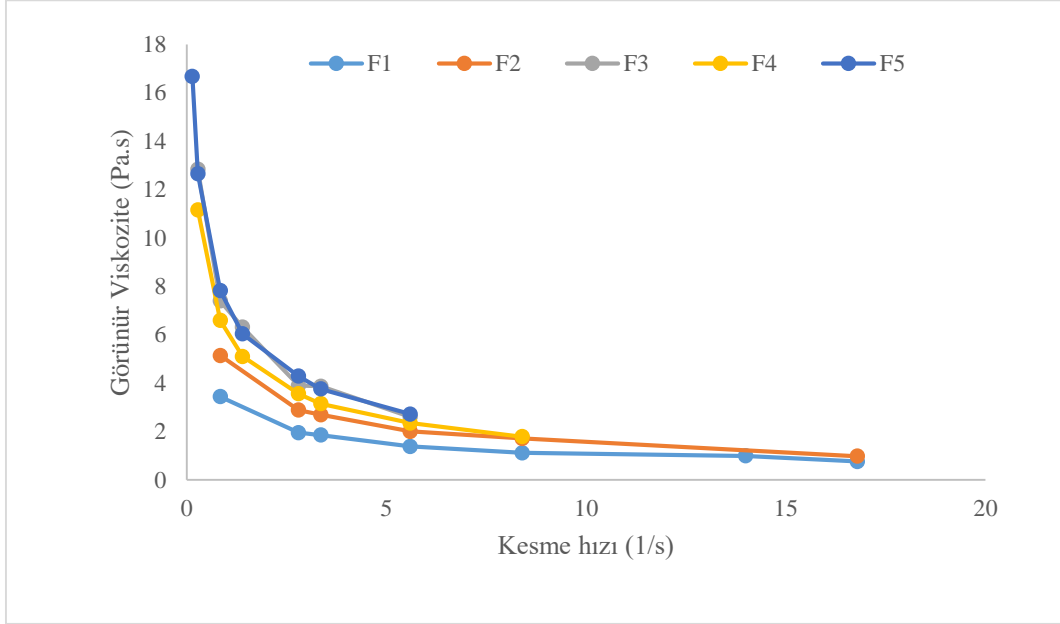
#### 4.2.2. Viskozite Değerleri

Dondurmanın fiziksel yapısının; son ürünlerdeki sertlik, kuruluk, erimeye karşı direnç ve tekstür gibi birçok duyuşal özelliği etkilediği bilinmektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi dondurmanın yapısını; donmuş buz kristalleri, hava kabarcıkları, kısmi topaklanmış yağ globül ve agregatlarının donmamış şeker, protein ve polisakkarit tabakalarıyla sarılmasıyla oluşmuş kompleks kolloidal sistemi olarak tanımlayabiliriz. Buna göre, dondurma yapısının düzenlenmesi birçok faktöre bağlılık göstermektedir. Söz konusu faktörler; homojenizasyon, pastörizasyon, olgunlaştırma ve katılaştırma gibi üretim prosesleri ile şeker, yağ, hidrokolloidler gibi dondurma formülasyonunda bulunan bileşenler olarak sıralanabilir. Herbir bileşen ve proses dondurmanın tekstürel ve reolojik davranışında önemli roller üstlenmektedir. Örneğin; dondurma formülasyonunda bulunan şeker ve hidrokolloid (salep) türevli maddeler, dondurma miksinin dondurulması sırasında buz kristallerinin küçük ve devamlı olarak oluşmasını sağlayarak dondurmanın viskozitesinin artmasını ve daha kıvamlı bir dondurma üretiminin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Benzer şekilde yapıda bulunan yağ, hava kabarcıklarının etrafını sararak dondurmadaki hava fazının stabilitesini sağlamakta ve dondurmanın erime özelliğini etkilemektedir. Ayrıca, yağ fazı dondurmadaki emülsiyon oluşumunda görev alarak dondurma yapısının devamlılığını oluşturmaktadır böylece dondurmanın yumuşaklığı etkilenmektedir (Granger, Leger, Barey, Langendorf ve Cansell. 2005a; Goff, 2002; Clarke, 2004).

Çalışmada yapılan viskozite ölçümleri sonucunda, tüm dondurma mikslerinin artan kesme hızına karşılık görünür viskozitelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre, tüm örneklerin pseudoplastik akış davranış özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Görünür viskozite değeri açısından en düşük viskozite değeri eritritol:sorbitol (1:1) karışım ile hazırlanan F1 örneğinde tespit edilirken, en yüksek viskozite değeri ise % 100 sakkaroz kullanılarak hazırlanan F5 örneğinde belirlenmiştir (Şekil 4.1). Pseudoplastik akış özelliği gösteren dondurma mikslerinden elde edilen viskozite değerlerinin Oswald-de Wael modeline (Üslü Yasa modeli) uygun olduğu tespit edilmiştir. Dondurma mikslerinin kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksleri (n) bu modele göre hesaplanmıştır. Pseudoplastik akış davranışı gösteren dondurma mikslerinin K ve n değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, en yüksek kıvam katsayısına sahip örneğin 0,837 Pa.s ile F3, en düşük kıvam katsayısına sahip örneğin 0,515 Pa.s ile F1 olduğu görülmektedir.

F5 örneğinin kıvam katsayısı ise 0,834 Pa.s ile F3 örneğine en yakın değerdedir. Diğer taraftan, dondurma mikslarına ait en yüksek akış davranış indeksinin F5 (0,516) örneğinde, en düşük akış davranış indeksinin ise F3 örneğinde (0,464) olduğu belirlenmiştir. Buna göre, şeker alkollerinin üretilen dondurma mikslarının viskozite ile kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi üzerinde etkisinin olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 4. 1. Dondurma mikslarının görünür viskozitelerindeki değişimler

Nitekim, yapılan birçok çalışmada farklı oranlarda yağ ve şeker veya farklı çeşitte emülgatör ve stabilizatör kullanılarak üretilmiş dondurmaların reolojik özelliklerinin çok fazla çeşitlilik gösterdiği gözlenmiştir. Karaca vd. (2009) Simplese® D-100, N-Lite D ve inülin gibi farklı özelliklere sahip yağ ikame maddeleri kullanarak yaptıkları düşük yağlı ve yağsız dondurma mikslarının tümünde pseudoplastik akış davranışı görüldüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar, dondurma mikslarındaki akış davranış indeksi katsayısının 0,36-50 arasında değiştiğini, en düşük akış davranış indeksinin %0,1 süt yağı ve inülin içeren dondurma mikslarında, en yüksek akış davranış indeksi katsayısının da %4 süt yağı ve %4 inülin içeren dondurma örneklerinde olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan, dondurma mikslarının kıvam katsayılarının 2,6-12 Pa.s<sup>n</sup> arasında olduğu ve kıvam katsayısı en yüksek olan dondurma miksinin %4 süt yağı ve %4 N-Lite D içeren örnek

olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada (Karasu, 2009), farklı yağ ve gam kaynakları kullanılarak üretilen bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin reolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kullanılan bitkisel yağ ve stabilizatör çeşidine göre sütlü buz örneklerinin görünür viskozite, kıvam katkısı ve akış davranış indekslerinin önemli derecede değişim gösterdiği bulunurken sütlü buz örneklerinin tümünde pseudoplastik akış davranışı gözlenmiştir. Çalışmada, stabilizatör olarak locust bean gum ve ksantan gam'ın birlikte kullanıldığı zeytin yağı ve soya fasülyesi yağı içeren örneklerde sırasıyla 2,330 ve 2,950 Pa.s<sup>n</sup> olarak en yüksek kıvam katsayıları elde edilmiştir. Sütlü buz örneklerinin akış davranış indeksi sayıları incelendiğinde ise locust bean gum ve sodyum aljinat ile hazırlanan örneklerin akış davranış indekslerinin (0,6-0,7) daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Dondurma mikslarına ait görünür viskozite değerleri

Dondurma örneği	K	n	R <sup>2</sup>
F1	0,515	0,513	0,985
F2	0,688	0,472	0,982
F3	0,837	0,464	0,978
F4	0,774	0,455	0,931
F5	0,834	0,516	0,995

K: Kıvam katsayısı (Pa.s<sup>n</sup>), n: Akış davranış indeksi, R<sup>2</sup>: Determinasyon katsayısı

Göktürk (2012) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise bazı sebze suları ile üretilmiş bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özellikler incelenmiştir. Çalışmada, farklı oranlarda mor lahana, kırmızı pancar ve brokoli suları ilave edilerek üretilen sütlü buz örneklerinin akış özelliğinin pseudoplastik akış davranış özelliği gösterdiği belirlenmiştir. %2,5-%10 arasında mor lahana, kırmızı pancar ve brokoli suları ilave edilen sütlü buz örneklerinin görünür viskoziteleri, kıvam katsayıları ve akış davranış indekslerinin sırasıyla 0,076-0,086 Pa.s, 1,209-1,429 Pa.s<sup>n</sup> ve 0,292-0,309 arasında değişti belirlenmiştir. Diğer taraftan, sütlü buz örneklerine sebze sularının ilave oranı artıkça kıvam katsayısı ve görünür viskozite değerlerinde önemli derece azalmanın meydana geldiği, ancak akış davranış indeksinde önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Karbonhidrat bazlı inülin ve protein bazlı %65 süt proteininin yağ ikame maddesi olarak düşük yağlı dondurma üretiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada (Mahdian ve Karazhian, 2013), hem inülin hem de %65 süt protein ilavesi ile üretilmiş düşük yağlı

dondurma mikslerinin pseudoplastik akış davranış özelliği gösterdiği ve elde edilen viskozite değerlerinin Oswald-de Waele modelinden farklı olarak Herschel-Bulkley modeline uyduğu belirlenmiştir. Buna göre, dondurma miksi örneklerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksleri sırasıyla 0,19-0,90 Pa.s<sup>n</sup> ve 0,62-0,85 Pa.s<sup>n</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Rossa, Burin ve Bordignon-Luiz (2012)'in mikrobiyal transglutaminaz enzimi ile muamele edilmiş ve %4, 6, ve 8 yağ oranlarına sahip dondurmaların reolojik özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, uygulanan kayma hızının artmasına karşılık yağ içeriğinden bağımsız olarak transglutaminaz uygulanmış ve dondurma mikslerinin görünür viskozitelerinde düşüşün meydana geldiği yani pseudoplastik davranış gösterdikleri belirlenmiştir. Çalışmada transglutaminaz uygulanmış dondurma mikslerinin görünür viskozitelerinin transglutaminaz uygulanmamış dondurma mikslerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, dondurma mikslerinin akış davranış indekslerinin 0,55-0,64 arasında, kıvam katsayılarının ise 0,28-0,71 Pa.s<sup>n</sup> arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Pon, Lee ve Cong (2015), dondurma üretiminde alternatif tatlandırıcı olarak stevia kullanım olanaklarını araştırdıkları çalışmalarında, dondurmada %0,5 %1 ve % 1,5 oranında stevia kullanılarak üretilmiş dondurma mikslerinin akış davranış özelliğinin pseudoplastik akış özelliği gösterdiğini belirlerken, dondurma mikslerinin kıvam katsayılarının 0,30-0,34 Pa.s<sup>n</sup> arasında, akış davranış indekslerinin ise 0,42-0,43 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada, stevia ilave edilmiş dondurma mikslerinin görünür viskozitelerinin %14 pudra şekeri ile hazırlanmış dondurma mikslerinininkinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, farklı şeker ikame maddesi kullanılarak üretilmiş dondurma mikslerine ait elde ettiğimiz bulguların literatürdeki bulgularla benzer olduğu görülmektedir. İncelenen tüm çalışmalarda yağ, şeker ikamesi veya farklı özellikteki maddelerle yapılan dondurma mikslerinin reolojik karakterizasyonunun Oswald-de Waele modeliyle açıklanabildiği, genel olarak dondurma mikslerinin pseudoplastik akış davranış özelliği göstererek akış davranış indekslerinin 1 değerinden küçük olduğu ve kıvam katsayılarının ise ilave edilen hammadeye bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Dondurma mikslerinde pseudoplastik davranış özelliği görülmesinin temel nedeni olarak, dondurma miksinde bulunan yağ damlacıklarının protein-emulsifier yapısı tarafından sarılarak yağ agregatlarının oluşması ve oluşan agregat yapının uygulanan kayma gerilimi sonucu kırılarak bozulduğu böylece dondurma miksinde



pseudoplastik akış davranışın olduğu ifade edilmektedir (Arbuckle 1986; Karaca vd., 2009; Goff 1997).

#### 4.2.3. Overrun (Hacim artışı) ve Erime Değerleri

Dondurma örneklerinde erime ve overrun testleri sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.8’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, hem dondurma örneklerinin erime oranları arasında önemli bir farklılığın olmadığı hem de depolama süresince tüm dondurma örneklerinin erime oranlarının önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir. Diğer taraftan, dondurma çeşidine bağlı olarak % hacim genişlemesi değerlerinde önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Dondurma örneklerinin erime oranlarının 2,99-3,90 g/100g/dk değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Overrun sonuçları incelendiğinde en yüksek değer % 44,10 ile F5 örneğine ait olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, F2 örneğindeki hacim artışının F1, F3 ve F4 örneklerinden daha fazla olduğu ve F1, F3 ve F4 örneklerinin hacim artışı miktarları arasında önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Dondurma örneklerine ait erime testi ve overrun sonuçları

Dondurma örneği	Erime oranı (g/100g/dk) Ortalama± S.H				Overrun (Hacim artışı %)
	Depolama süresi				
	3	15	30	60	
F1	3,16±0,01	2,99±0,06	3,19±0,02	3,19±0,01	26,80±0,01 <sup>C</sup>
F2	3,24±0,03	3,01±0,14	3,24±0,01	3,16±0,03	32,38±0,01 <sup>B</sup>
F3	3,20±0,02	3,07±0,02	3,90±0,71	3,21±0,17	25,59±2 <sup>C</sup>
F4	3,15±0,03	3,14±0,01	3,16±0,02	3,20±0,01	25,63±0,01 <sup>C</sup>
F5	3,36±0,16	3,14±0,03	3,22±0,01	3,15±0,04	44,10±0,01 <sup>A</sup>
<b>P değeri</b>					0,015

SH: standart hata. <sup>A-C</sup> Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P<0,05$ )

Kullanılan yağ ikame maddesinin karbonhidrat ya da protein türevli olması dondurmanın erime özelliklerini ve hava hapsedme kapasitesini etkileyebilmektedir. Yapılan bir çalışmada (Schmidt, Lundy, Reynolds ve Yee, 1993), protein türevli Simplese<sup>®</sup> kullanılan örneğin karbonhidrat türevli maltodekstrin kullanılan örneğe oranla daha fazla hava hapsedtiği bildirilmiştir. Peynir altı suyu proteini esaslı bir yağ ikamesi olan Simplese<sup>®</sup> 100 kullanılarak üretilen az yağlı vanilyalı dondurma örneklerinde yapılan bir çalışmada (Yilsay vd., 2006), yağı azaltılmış dondurma örneklerine Simplese<sup>®</sup> 100 ilave edilmesiyle overrun miktarının düştüğü belirtilmiştir. Bu sonucu destekleyen bir

diğer çalışmada ise Akalın vd. (2008), peyniraltı suyu protein izolatu ve inülin kullanarak ürettikleri yağı azaltılmış ve az yağlı dondurma örneklerinde overrun oranlarının %20,7-39,2 arasında değiştiğini ve overrun oranının düşük olmasının nedeninin dondurma mikslerinin kompozisyonundan ileri geldiğini bildirmişlerdir. Hatipoğlu (2007) yağ ikame maddesi olarak %2 Maltrin 040 ve %6 Simplese® kullanarak hazırladığı yağ oranı düşürülmüş dondurmaların kalite özelliklerini araştırdığı çalışmasında, Simplese® ilave ederek hazırladığı %7,5, %5 ve %2 yağlı dondurma örneklerinde overrun değerlerini sırasıyla %34, %32, %27,5 belirlemiştir. Diğer taraftan, Maltrin 040 ilave ederek hazırladığı %7,5, %5 ve %2 yağlı dondurma örneklerinde overrun değerlerinin ise %33, %30 ve %28 olduğunu bildirmiştir. %10 yağlı kontrol örneğinde ise overrun değeri %40 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada örneklerin 30. dakikadaki erime oranları Simplese® ilave edilen %7,5, %5 ve %2 yağlı dondurma örneklerinde sırasıyla %30,11, %40,02 ve %28,31 iken Maltrin 040 içeren %7,5, %5 ve %2 yağlı örneklerde ise sırasıyla %34,49, %37,37 ve %39,70 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, %10 yağ içeren kontrol örneğinde ise erime oranının %30,39 olduğu ve değişik oranlarda yağ içeren dondurma örneklerinin erime oranı değerlerinin arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Karaca vd. (2009), çeşitli yağ ikame maddeleri kullanılarak hazırlanan vanilyalı dondurma örneklerinin fonksiyonel, reolojik ve duyuşal özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında yağ ikame maddesi olarak Simplese D-100®, N-Lite D ve inülin kullanmışlardır. %4, %6 ve %8 Simplese D-100® içeren örneklerin erime oranları sırasıyla 1,91, 1,67, 1,65 g/dak iken overrun değerleri sırasıyla %36, %39 ve %10 olarak bulunmuştur. %4, %6 ve %8 oranında N-Lite D içeren dondurma örneklerinin erime oranları sırasıyla 1,17, 1,68, 1,73 g/dak ve overrun değerleri %33, %27, %12 olarak tespit edilmiştir. %4, %6 ve %8 oranlarında inülin kullanılan örneklerde ise erime oranları sırasıyla 1,81, 1,33, 1,20 g/dak ve overrun değerleri sırasıyla %34, %40, %58 olarak belirlenmiştir. Buna göre Simplese D-100® ilave edilen örneklerin daha hızlı eridiği görülürken inülin ilavesinin erimeyi geciktirdiği tespit edilmiştir. Yağ ikamesi olarak kullanılan inülinin az yağlı dondurmaların kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Tiwari vd. 2014), %4 yağ içeren dondurma örneklerine %0, %, %4 ve %6 oranlarında inülin ilave edilmiştir. İlk 25 dakikada erime oranları sırasıyla 2,5, 4, 6,3 ve 7,2 g olarak bulunmuştur. İnülin miktarının artmasıyla erime oranının da arttığı gözlemlenmiştir. İnülin ihtiva eden örneklerin overrun değerleri ise sırasıyla %29, %28, %29 ve %25 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin overrun değerleri

arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmediği belirtilmiştir. Düşük kalorili dondurma üretiminde doğal tatlandırıcı olarak stevia ekstraktı kullanımının ürünün kalite kriterleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Sarioğlu, 2015), şeker içeren kontrol örneği ile tatlandırıcı olarak stevia, aspartam ve aspartam+asesülfam-K içeren 4 farklı dondurma örneği üzerinde çalışılmıştır. 30. dakikada dondurma örneklerinin erime oranları sırasıyla %43,80, %21,90, %4,10 ve %15,80 olarak bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre en düşük erime oranının aspartam ilave edilen dondurma örneğine ait olduğu belirlenmiştir. 60., 90. ve 120. dakikalarda da bu sıralamanın değişmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumun nedenini kontrol örneğinde bulunan sakkarozun donma noktasının diğer tatlandırıcılara göre daha düşük olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada depolamanın ilk gününde en yüksek hacim artışı oranına sahip örneğin %21,58 ile sakkaroz içeren örnek olduğu belirtilmiştir. Aynı günde stevia içeren örneğin hacim artışı oranının %17,52, aspartam içeren örneğin %15,62, aspartam+asesülfam-K içeren örneğin ise %14,51 olduğu bildirilmiştir.

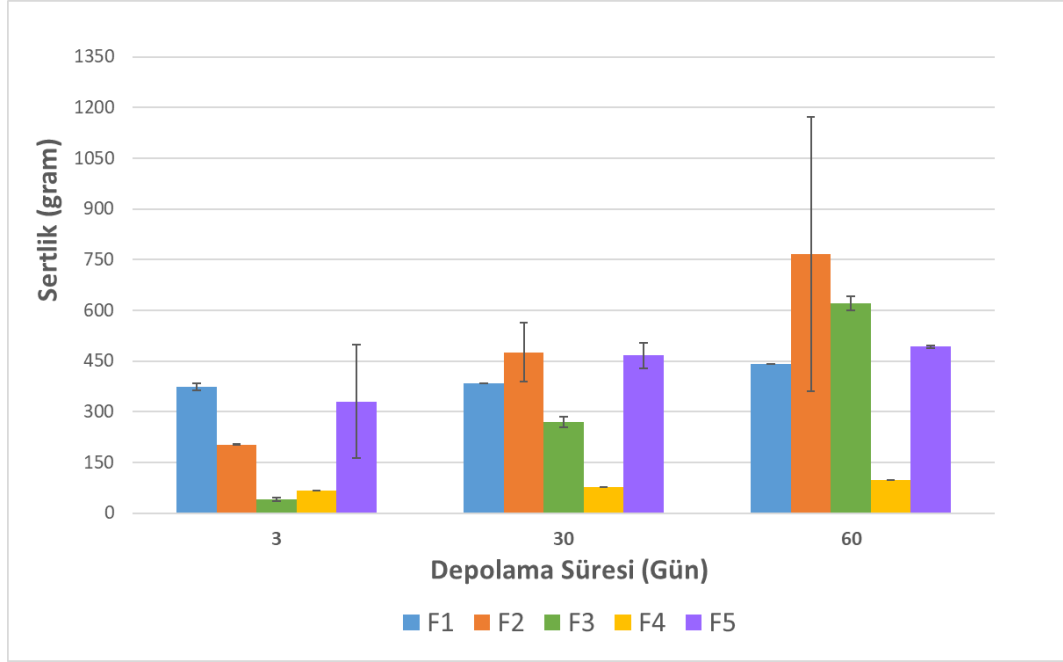
#### 4.2.4. Tekstür Değerleri

Buz kristallerinin hacmi ve büyüklüğü, dondurmanın hava içeriği, yağ fazın stabilizasyonu, dondurmanın serum fazı içeriği gibi birçok faktör dondurmanın sertliğine katkıda bulunmaktadır. Özellikle, buz kristallerinin hacmi ve büyüklüğünün doğrudan dondurmanın sertliğine etki ettiği bildirilmiştir. Buz miktarının, dondurmanın sertliğinde üssel bir artış meydana getirdiği ifade edilmektedir. Diğer taraftan, dondurmanın hava içeriği dondurmanın yapısının deforme olmasında direnç kazandırmaktadır. Yağ fazının destabilizasyonun uzamasının ise dondurmanın sertliğini arttırdığı ve ayrıca serum fazının viskozitesinin yüksek olmasının daha sert dondurma elde edilmesini sağladığı belirtilmektedir (Goff ve Hartel, 2013).

Yapılan varyans analizi sonucunda, dondurmaların sertlik değerleri üzerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin ayrı ayrı etkisinin olduğu ( $P<0,05$ ), depolama süresi ve dondurma çeşidi interaksiyon etkisinin önemli olmadığı ( $P>0,05$ ) belirlenmiştir.

Buna göre, depolama süresince dondurma örneklerinin sertlik değerlerinde önemli bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir. F4 örneği dışındaki dondurma örneklerinin sertlik değerlerinin birbirleri ile benzer olduğu belirlenmiştir. F4 örneği ise en düşük sertlik değerine sahip örnektir. Dondurma örneklerinin depolama başında sertlik değerleri 39,50-

373 g arasında iken depolama sonunda söz konusu değerlerin 96,5-734,1 g arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Yapılan literatür incelemesinde, dondurmaların sertlik değerlerinin çok fazla çeşitlilik gösterdiği görülmüştür (Aime vd., 2001; Akalın vd., 2008; Karaca vd., 2009; Soukoulis vd., 2009).



Şekil 4.2. Depolama süresince dondurma örneklerinin sertlik değerlerindeki değişimler

Aime vd. (2001), normal yağlı (%10), light (%5), az yağlı (%2,5) ve yağsız (%0,4) vanilyalı dondurma örneklerinde yaptıkları tekstürel analizler sonucunda normal yağlı, light ve yağsız dondurma örneklerinin sertlik değerleri arasında önemli bir fark bulunmadığı, bununla birlikte en yüksek sertlik değerinin ise (14,58 kg) az yağlı dondurma örneğine ait olduğunu belirtmişlerdir. Peynir altı suyu protein izolatı (WPI) ve inülin kullanılarak hazırlanan yağ azaltılmış dondurma örneğinin reolojik özelliklerinin belirtildiği bir başka çalışmada (Akalın vd., 2008), %10 süt yağı içeren normal yağlı dondurma, %6 süt yağı ve WPI içeren yağ azaltılmış dondurma, %6 süt yağı ve inülin içeren yağ azaltılmış dondurma, %3 süt yağı ve WPI içeren az yağlı dondurma ve %3 süt yağı ve inülin içeren az yağlı dondurma örneklerinin sertlik değerleri araştırılmıştır. Sonuçlara göre, dondurma örneklerinin sertlik değerlerinin birbirinden farklı olduğu ancak %6 süt yağı ve WPI içeren örnek ile %3 süt yağı ve inülin içeren örneklerin sertlik değerlerinin birbiri ile benzer olduğu bildirilmiştir. Az yağlı (%3) ve yağ azaltılmış (%6)

dondurma örneklerinin normal yağlı (%10) dondurma örneğine göre sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Buna göre normal yağlı dondurma örneğinin sertlik değerinin yaklaşık 3000 g kuvvet olduğu, inülin ve WPI ilave edilmiş az yağlı ve yağı azaltılmış dondurma örneklerinin ise sertlik değerinin yaklaşık 5000-11000 g kuvvet arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, WPI içeren dondurma örneklerinde  $\beta$ -laktoglobulinden kaynaklanan büyük protein ağlarının sertliği artırıcı etki yaptığını düşünürken, inülinin ise yüksek derecede polimerizasyonu ve zincir uzunluğundan kaynaklanan inülin mikrokristallerinin sertliği artırıcı etkide bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Dondurmanın yağ oranı ile sertliği arasındaki ilişkinin incelendiği diğer bir çalışmada (Roland vd., 1999), dondurmanın yağ oranı azaldıkça, sertlik değerinin arttığı belirlenmiştir. Buna göre, %0,1 yağ içeren sade dondurmanın sertlik değeri 12,86 kg belirlenirken, %10 yağ içeren dondurmanın sertlik değeri 7,68 kg olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, El-nagar, Clowes, Tudorică, Kuri ve Brennan (2002), düşük yağlı (%5) ve farklı oranlarda inülin eklenmiş dondurma örneklerinin sertlik değerlerinin %10 yağlı normal dondurma örneklerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan, dondurma örneklerinde inülin miktarı arttıkça da sertlik değerlerinde artışın meydana geldiği tespit edilmiştir. Düşük yağlı ve %5-9 inülin içeren dondurma örneklerinin sertlik değerlerinin 1 N-1,3 N arasında değiştiği, normal %10 yağlı dondurmanın ise yaklaşık 0,6 N olduğu belirlenmiştir. Karaca vd. (2009) ise yağ ikame maddesi olarak Simplese® D-100, N-Lite D ve inülin kullandıkları çalışmalarında ise kullanılan yağ ikame maddelerinin sertliği azaltıcı etki gösterdiğini belirtmişlerdir. %4 süt yağı ve %4 Simplese® D-100, N-Lite D ve inülin kullanılan dondurma örneklerinin sertlik değerlerini sırasıyla 37 N, 21 N ve 27 N olduğu bildirilmiştir. Tatlandırıcı içeren dondurma örneklerinin termal, reolojik ve fiziksel ölçümlerinin duyu kaliteye katkısının araştırıldığı bir çalışmada (Soukoulis vd., 2009), sakkarozu %10 ve %30 oranında ikame eden maltitol ve sorbitollü dondurma örneklerinin sertlik değerleri karşılaştırılmıştır. Buna göre, sakkarozu %30 oranında maltitol ve sorbitol ikame edilerek yapılmış dondurma örneklerinin sertlik değerleri sırasıyla 56 N ve 20 N olarak belirlenmiştir. Tatlandırıcıların tekstürel özellikler üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda dondurma örneklerine ilave edilen polyollerin tekstürel sertlik ve duyu olarak kremamsı özelliği azalttığı bununla birlikte buzluluk ve buna bağlı buz kristallerinin ağızda bıraktığı pütürlülük hissini ise arttırdığı bildirilmiştir. Çalışmada, çalışmamız ile benzer olarak sorbitol ve maltitol şeker alkollerini ile üretilmiş

dondurmaların sakkaroz ile üretilen dondurmalarından daha düşük sertlik değerine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca, sorbitol kullanılan dondurma örneklerinin maltitol kullanılan örneklere göre daha yumuşak olduğu belirlenmiştir. Moriano ve Alamprese (2017), dondurmada sakkarozun alternatif tatlandırıcı olarak bal, trehaloz ve eritritol kullandıkları çalışmalarında, sadece bal kullanılan dondurma örneğinin sertlik değerinde bir azalma olduğunu fakat kontrol örneğinin sertlik değeri ile kıyaslandığında bu azalmanın önemli olmadığını belirtmişlerdir. Trehaloz ve eritritol kullanılan dondurma örneklerinde ise sertlik değerinde önemli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre, %100 eritritol, trehaloz ve bal içeren örneklerin sertlik değerlerinin sırasıyla 725,46 N, 508,50 N ve 2,94 N olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak, bu çalışmadan ve düşük kalorili dondurma ile ilgili daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, dondurmanın bileşiminde bulunan maddelerin, bu maddelerin birbirleri ile etkileşimlerinin, buz kristallerinin hacmi ve büyüklüğünün, dondurmanın hava içeriğinin, yağ fazının stabilizasyonunun, dondurmanın serum fazı içeriğinin sertlik değerini etkileyen önemli parametreler olduğu açıkça görülmüştür.

### **4.3. Uçucu Bileşenler**

Gıdalarda ppm ve ppb gibi çok düşük konsantrasyonlarda bulunan, insan burnundaki olfaktori hücreleri tarafından algılanan ve gıdanın aromasını oluşturan birçok uçucu bileşen bulunmaktadır. Söz konusu uçucu bileşenler aldehit, keton, asit, ester, fenolik, terpenik ve alkol türevli olabilmektedir (Reineccius, 2006). Gıda maddelerinde bulunan uçucu ve aroma aktif maddeleri belirlenmesinde solvent ekstraksiyon, yüksek vakum distilasyon, statik ve dinamik tepe boşluğu analizleri gibi birçok ekstraksiyon yöntemi kullanılmaktadır (Reineccius, 2006). Yapılan bu çalışmada dondurma örneklerinin uçucu bileşen profili katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi kullanılarak gaz kromatografisi-kütle dedektörü (GC-MS) ile belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin uçucu bileşen profilleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Dondurma örneklerinde toplam 32 adet uçucu bileşen belirlenmiştir. Genel olarak, dondurma örneklerinde belirlenen uçucu bileşenler, süt ve süt ürününde bulunan önemli uçucu bileşenlerdir (Reineccius, 2006; Nursten, 1997). Çizelge 4.9 incelendiğinde, dondurma örneklerinde hekzanoik asit (ekşimsi), oktanoik asit (vaks), 2-heptanon (otsu), asetoin (kremamsı), 2-pentanon (muz), hekzanal (çimen) ve vanillin (vanilya) aromalarının tüm örneklerde yüksek olduğu

görülmektedir. Ayrıca, meyve aromasına sahip alkol türevli olan 2-etil-1-hekzanol ve izoamil alkol de yüksek miktarda belirlenmiştir. F1 örneğinde belirlenmiş olup diğer tüm örneklerde belirlenmeyen aroma maddeleri; etil asetat (meyve), furfural alkol (karamel), etil benzen, 2-metoksi fenol (tütüsü)'dür. 3-metil butanal, hekzanol ve benzaldehit aromaları sadece F2 örneğinde, oktanol F3 örneğinde ve izoamil alkol ise sadece F5 örneğinde belirlenmiştir. Süt tozundan kaynaklı olduğu düşünülen terpenik veya fenolik türevli olan  $\alpha$ -pinen, D-limonen ve linalool da dondurma örneklerinde tespit edilmiştir. Söz konusu bu uçucu bileşenlerin özellikle hayvanların yediği yemlerden süte geçiş yaptığı birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Mariaca vd., 1997; Viallon vd., 2000). Çiğ sütte bulunan ve  $\beta$ -karotenin degradasyon ürünü olan toluen (Contarini, Povolo, Leardi ve Toppino, 1997) yaptığımız çalışmada sadece F2 örneğinde bulunamamıştır. 1,37  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en yüksek miktar olarak F1 örneğinde belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin üretiminde sonradan ilave edilen vanilin aromasının ise örneklerde 8,79-20,59  $\mu\text{g}/\text{kg}$  miktarları arasında olduğu belirlenmiştir.

Asetoin, homo/heterofermentatif laktik asit bakterilerinin laktoz ve sitrat metabolizması sonucunda oluşmakta olup süt ürünlerinin önemli keton türevli bir bileşenidir (Demirkol, Guneser ve Karagul-Yuceer, 2016). Hazırlanan F1, F2, F3, F4 ve F5 dondurma örneklerinde asetoin miktarı sırasıyla; 7,46, 2,78, 9,87, 10,30 ve 5,73  $\mu\text{g}/\text{kg}$  düzeyinde belirlenmiştir. Şahin, (2017) stevia kullanarak yaptığı düşük kalorili yoğurt dondurmalarında, asetoin miktarlarını 33,80-51,96  $\mu\text{g}/\text{kg}$  düzeyinde belirlemiştir. Bu çalışmada, dondurma örneklerinde belirlenen asetoin miktarları daha düşüktür.

2-heptanon ve 2-nonanon süt ürünlerinde bulunan major metil ketonlardır ve bazı araştırmacılar tarafından süt ve süt ürünlerinde istenmeyen aroma maddeleri (off-flavor) olarak ifade edilmektedir (Friedrich ve Acree 1998; Vazquez-Landaverde, Velazquez, Torres ve Qian, 2005; Pereda vd., 2008). Nitekim Contarini ve Povolo (2002), süte uygulanan sıcaklık şiddetinin artmasıyla 2-pentanon, 2-heptanon ve 2-nonanon miktarlarının arttığını ve bu bileşenlerin UHT sütlerde bayat tadın oluşmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Süt ve süt ürünlerinde 2-pentanon, 2-heptanon ve 2-nonanon gibi metil ketonlar ısıl işlem sonucuyla oluşabildiği gibi, süt yağında bulunan doymuş yağ asitlerinin  $\beta$ -oksidasyonu ve bunu takiben dekarboksilasyon yoluyla veya  $\beta$ -keto asitlerin dekarboksilasyonu sonucu oluşabilmektedir (Li, Zhang ve Wang, 2012).

Dondurma örneklerinde 2-heptanon ve 2-nonanon'un miktarlarının sırasıyla 2,33-45,61 µg/kg ve 4,69-21,42 µg/kg düzeyinde değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Asit türevli bileşikler olan hekzonik asit ve oktanoik asit, süt ve süt ürünlerinde bulunan trigiliseridlerin hirolizi sonucu oluşmaktadır. Serbest yağ asitleri olarak ifade edilen bu bileşikler özellikle uzun süre olgunlaştırılmış peynirlerde yoğun bir şekilde bulunmakta ve ransit aromaya neden olmaktadır. Çalışmada hekzanoik asit ve oktanoik asitin üretilen dondurma örneklerinde sırasıyla 235,64-893,75 µg/kg ve 201-394,85 µg/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Şahin (2017) yaptığı çalışmada stevia kullanılarak üretilen kalorisi düşürülmüş yoğurt dondurmalarında hekzanoik asit miktarını 25,47-63,21 µg/kg düzeyinde belirlemiştir. Yapılan bu çalışmada bulunan hekzanoik asit miktarları daha yüksektir. Balthazara vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada, inülin ilaveli koyun sütü ve *Lactobacillus casei* 01 kullanarak üretilen dondurmalarda hekzanoik asit, butanoik asit, oktanoik asit, dekanolik asit gibi asitlerin varlığını belirlemiştir. Ancak, araştırmacılar söz konusu asit türevli uçucu bileşenlerin dondurmada bulunma miktarları hakkında herhangi bir bilgi vermemiştir.

Dondurma örneklerinde tespit edilen 3-metil butanal, oktanal, hekzanal ve nonanal gibi aldehit türevli bileşikler, süt ve süt ürünlerinde laktik asit bakterilerinin Strecker parçalanması metabolizmasında, özellikle dallanmış zincir içeren keto asitlerin dekarboksilasyonu sonucu veya yağ asitlerinin ikincil oksidasyonu sonucu oluşabilmektedirler. Örneğin, hekzanalın linoleik asidin ikincil oksidasyon ürünü olduğu, nonanalın ise oleik asidin β-oksidasyon ürünü olduğu çok iyi bilinmektedir (Demirkol vd., 2016; Guneser ve Yuceer, 2011).

Ester yapısında olan uçucu bileşenler, özellikle yağ asitlerinin alkollerle tepkimeye girmesi sonucu oluşmaktadır. Söz konusu tepkimeler, doğrudan sütte bulunan lipaz enzimi katalizörlüğünde veya mikrobiyal floranın metabolizması sonucunda gerçekleşmektedir (Liu, Holland ve Crow, 2004). Çalışmada, sadece F1 örneğinde 4,38 µg/kg düzeyinde asetik asidin esteri olan etil asetat belirlenmiştir.

Literatürde çeşitli süt ve süt ürünlerde belirlenen aroma bileşenleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Friedeck vd. (2003) %0, %2 ve %4 oranlarında soya protein izolatı (SPI) kullanılarak hazırladıkları dondurma örneklerinde yaptıkları GC-O analizleriyle çalışmamız ile benzer olarak; hekzanal, hekzanoik asit, nonanal ve oktanal'ı aroma aktif bileşenler olarak tespit etmişlerdir. Karagul-Yuceer, Cadwallader ve Drake



(2002), depolanmış yağsız süttezinun (NDM) uçucu lezzet bileşenlerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada; aldehit, keton ve serbest yağ asitlerinin depolanmış NDM'de lezzet oluşumundan sorumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan analizler sonucunda, NDM'de çalışmada dondurmalarda belirlediğimiz aroma maddeleri ile benzer olarak nötral/bazik bileşenler gurubunda hekzanal, asidik bileşenler gurubunda ise hekzanoik asit, oktanoik asit ve vanilin bulunmuştur.



Çizelge 4.9. Dondurma örneklerinin uçucu bileşen profilleri

Alıkonma İndeksi	Uçucu bileşen	Aroma kalitesi	Ortalama ± S.S (µg/kg dondurma)				
			Dondurma formülasyonları				
			F1	F2	F3	F4	F5
<600	2,3-butandion	Tereyağı, tatlı aroma	1,97 ± 0,44	0,71 ± 0,47	1,10 ± 0,19	2,02 ± 1,06	1,48 ± 0,90
601	2-butanon	Meyve-eterimsi	4,94 ± 1,81	ND	15,89 ± 2,76	6,04 ± 3,07	4,47 ± 0,66
613	etil asetat	Meyve, Otsu	4,38 ± 1,18	ND	ND	ND	ND
646	3-metil butanal	Çikolata, yağ	1,69 ± 0,69	ND	1,61 ± 0,64	1,84 ± 1,12	1,19 ± 0,60
682	2-pentanon	Fermente, muz	7,46 ± 3,33	2,78 ± 0,90	9,87 ± 1,00	10,30 ± 6,46	5,73 ± 2,22
711	asetoin	Kremamsı	7,93 ± 2,82	1,32 ± 0,69	10,12 ± 2,07	8,35 ± 2,69	4,21 ± 1,2
741	izoamil alkol	Viski, muz	3,33 ± 1,18	1,10 ± 0,01	3,37 ± 0,83	2,09 ± 0,58	ND
770	toluen	Nergis, mimosa	1,37 ± 0,28	ND	0,61 ± 0,09	1,01 ± 0,72	0,62 ± 0,21
772	1-pentanol	Mayamsı, fusel yağı	6,92 ± 1,72	1,19 ± 0,59	6,87 ± 1,57	8,50 ± 3,10	5,70 ± 2,86
789	hekzanon	Üzüm, mum	2,33 ± 0,06	ND	ND	4,33 ± 2,02	ND
798	hekzanal	Çimen, yağimsı	8,14 ± 4,65	2,02 ± 1,47	13,10 ± 2,88	11,10 ± 1,95	6,21 ± 1,32
860	furfural alkol	Karamel	0,13 ± 0,05	ND	ND	ND	ND
870	etilbenzen	-	1,10 ± 0,84	ND	ND	ND	ND
873	hekzanol	Çimen, meyve	1,72 ± 0,18	ND	1,76 ± 0,26	2,18 ± 0,54	0,88 ± 0,35
889	2-heptanon	Otsu, meyve	45,61 ± 28,19	2,33 ± 0,35	45,65 ± 13,24	49,71 ± 19,99	29,41 ± 12,95
898	heptanal	Otsu, yağ	6,79 ± 3,20	3,46 ± 0,01	7,03 ± 0,48	5,50 ± 0,69	3,70 ± 1,44
933	α-pinen	Odun, çam	1,07 ± 0,67	0,25 ± 0,17	1,22 ± 0,05	1,20 ± 0,71	0,86 ± 0,51
958	benzaldehit	Acı badem	0,37 ± 0,17	ND	4,16 ± 0,01	6,74 ± 2,17	4,26 ± 0,55
990	hekzanoik asit	Ekşimsi, ter	531,53 ± 228,34	235,64 ± 74,07	352,24 ± 136,04	893,75 ± 126,41	564,44 ± 62,13
999	oktanal	Mumsu, yağ	2,41 ± 1,28	1,20 ± 0,97	ND	3,05 ± 1,70	1,45 ± 0,36
1027	d-limonen	Sitrus	ND	0,84 ± 0,24	1,61 ± 0,88	1,81 ± 1,02	1,01 ± 0,33
1030	2-etil-1-hekzanol	Meyve, sitrus	5,41 ± 1,76	1,37 ± 0,90	5,10 ± 0,51	3,07 ± 0,45	1,55 ± 0,74
1085	2-metoksi fenol	Tütsü, fenolik	1,83 ± 0,33	ND	ND	ND	ND
1089	2-nonanon	Yağ	21,42 ± 10,20	4,69 ± 2,98	18,84 ± 4,27	19,21 ± 7,85	12,33 ± 6,77
1096	linalool	Tatlı, çay	ND	0,75 ± 0,02	1,81 ± 0,25	1,66 ± 1,18	0,84 ± 0,43
1099	nonanal	Çimen, mumsu	7,13 ± 1,09	1,20 ± 0,97	4,45 ± 0,31	3,90 ± 0,37	2,48 ± 1,14
1151	2-metil-3- oktanon	Otsu,	3,29 ± 0,78	1,60 ± 0,17	ND	ND	1,22 ± 0,50
1177	oktanoik asit	Ransit, vaks	394,85 ± 0,01	201 ± 0,01	ND	ND	330,58 ± 99,64
1290	2-Undekanon	Yağimsı, meyve	3,95 ± 1,76	1,51 ± 0,78	2,77 ± 1,01	4,36 ± 1,97	2,63 ± 1,00
1365	2-tridekanon	Toprak, yağ	0,59 ± 0,01	0,40 ± 0,20	0,84 ± 0,21	ND	0,47 ± 0,27
1390	vanillin	Vanilya	20,59 ± 3,76	8,79 ± 4,86	26,60 ± 2,19	24,42 ± 5,67	16,18 ± 5,82
1489	Δ-dodekalakton	Kremamsı, şeftali	0,44 ± 0,03	0,13 ± 0,07	0,55 ± 0,16	0,48 ± 0,29	0,06 ± 0,01

ND: belirlenmedi., S.S: standart sapma

Dondurmada aroma bileşenlerinin salınmasında yağ, protein ve tükürük etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Ayed, Martins, Williamson ve Guichard, 2018), farklı oranlarda yağ ve protein içeren dondurmaların 14 aroma bileşeni üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmamızla benzer olarak, asetoin, benzaldehit, hekzanal, 2-metoksi fenol ve vanillin tespit edilen çalışmanın sonucunda yağ tipinin aroma salınımı üzerinde yağ miktarına göre daha az etkisinin olduğu bildirilmiştir. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* farklı oran ve kombinasyonlarda kullanılmasıyla elde edilen fermente sütün aroma bileşenlerinin araştırıldığı bir çalışmada (Dan vd., 2017), aldehit bileşenler grubunda; hekzanal, heptanal, 2-oktenal, ve nonanal bulunurken, keton grubunda 2-3 bütandion, 2-pentanon, asetoin, 2-heptanon, 2-nonanon, 2-undekanon bulunmuş, asit bileşenlerden hekzanoik asit ve oktanoik asit tespit edilirken alkol bileşenlerden 1-hekzanol ve aromatik hidrokarbonlardan ise toluen bulunduğu bildirilmiştir. Bulunan bu bileşenlerin dondurma örneklerinde tespit ettiğimiz aroma bileşenleri ile benzer olduğu görülmüştür.

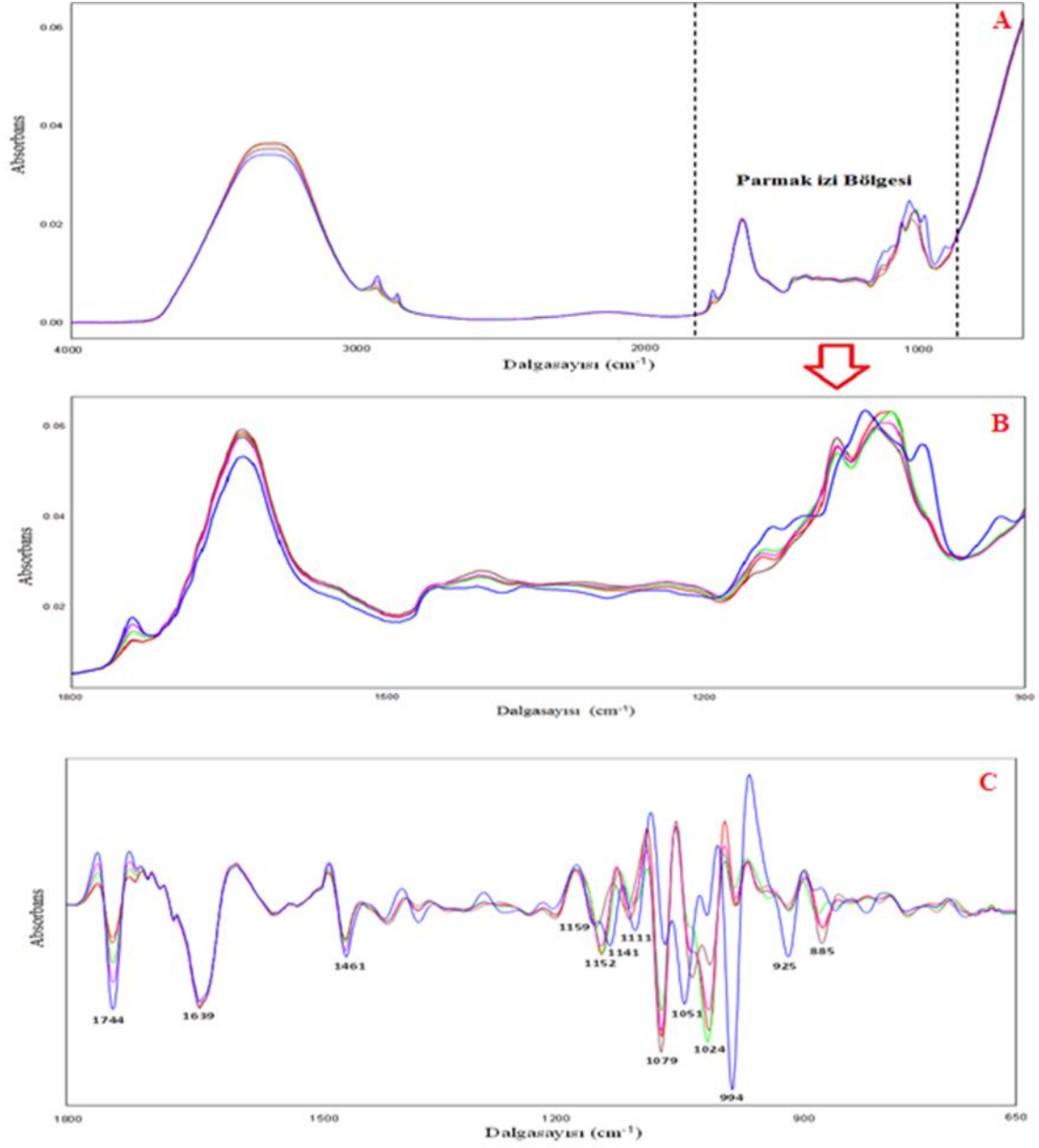
#### 4.4. Kızılötesi Spektrometre Verileri

Çalışmada, üretilen dondurmalarda yapısal farklılıkları belirlemek için orta dalga kızılötesi bölgede ( $4000-650\text{ cm}^{-1}$ ) spektralar toplanmış ve spektralar detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada üretilen tüm dondurma numunelerine ait MIR-ATR spektraları Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.

Genel olarak örneklerin formülasyonlarında kullanılan şeker türü ve kombinasyonlarına bağlı olarak spektralarda farklılıklar görülmüştür. Bu farklılıkların özellikle parmak izi bölgesi olarak kabul edilen  $1800-900\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.3'de parmak izi bölgesindeki titreşimlerin daha net görülmesi amacıyla normalizasyon (maksimum 1'e) ve ikincil türev ön veri işleme teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen işlenmiş spektralara göre, sorbitol, maltitol ve eritritol ile üretilen dondurmaların spektralarında hafif kaymalar gözükse de, MIR-ATR spektralarının ve intensitelerinin birbirine benzer olduğu görülmüştür. Her üç şeker alkolü için de karakterterize bantların yaklaşık olarak  $1079\text{ cm}^{-1}$ ,  $1024\text{ cm}^{-1}$  ve  $885\text{ cm}^{-1}$  dalga boylarında maksimum olduğu belirlenmiştir. Sadece sakkaroz kullanılarak üretilen F5 örneği için  $1051\text{ cm}^{-1}$ ,  $994\text{ cm}^{-1}$  ve  $925\text{ cm}^{-1}$  bantlarının karakteristik belirleyici bantlar olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde, bu çalışmada formülasyonlarda kullanılan şekerlere benzer şekilde şekerlerin kızılötesi spektralarının toplandığı ve incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada elde edilen şeker kaynaklı titreşimler, genel olarak literatürde mevcut olan alakalı çalışmaların çıktuları ile uyum içerisindedir. Kacurakova ve Mathlouthi (1996), yaptıkları bir çalışmada glukoz, fruktoz, galaktoz monosakkaritleri, sakkaroz, maltoz, laktoz gibi dissakkaritler, melibiyoz, maltotrioz, rafinoz gibi oligosakkaritlerin 1030-1020  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında spektralarında hafif kaymaların olduğunu, C-O uzama ve C-O-H bükülme titreşimlerinin 1050  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda olduğunu belirtmişlerdir

Yapılan diğer bir çalışmada ise (Gharsallaoui vd., 2008), trehaloz için 1149  $\text{cm}^{-1}$  ve 1049  $\text{cm}^{-1}$  de major titreşimlerin olduğunu, sakkaroz ve maltitol için ise bu bandların hafif kaymalar yaptığı ifade edilmiştir. Çalışmada, 1149  $\text{cm}^{-1}$  ve 1049  $\text{cm}^{-1}$  bantları için C-O gerilimi ve C-O-H bükülmesi olarak, maltitol için 1025  $\text{cm}^{-1}$  bandının ise C-C uzama gerilimi, C-O uzama gerilimi ve C-4-OH gruplarından kaynaklı C-O-H düzlemsel bükülmesi olarak ifade edilmiştir. Diğer taraftan, glikozit bağımlı karakterize eden 900-950  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda maltitol için herhangi bir pik görülemediği ancak 1000  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunun ise sakkarozdaki glikozit bağından kaynaklı simetrik ve asimetrik C-O gerilimini karakterize ettiği belirtilmiştir. Jesus vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada eritritol ve L-threitol için 4000–2500  $\text{cm}^{-1}$  aralığında dalga bantlarının O-H, C-H için titreşim gerilimleri, <1500  $\text{cm}^{-1}$  aralığında dalga bantlarının ise C-O titreşimi ile birlikte açılmal C-H, C-O-H bağlarının deformasyonunu karakterize ettiğini belirtmişlerdir. Oui vd. (2001) mikrobiyal yol ile sorbitolden sorboz üretimini inceledikleri çalışmalarında sorbitolü karakterize eden major kızılötesi titreşim bandını 1081  $\text{cm}^{-1}$  olmak ile beraber 1416  $\text{cm}^{-1}$  ve 1047  $\text{cm}^{-1}$  bantlarında sorbitol için temel bantlar olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, çalışmamızda dondurma örnekleri için elde ettiğimiz MIR-FTIR bulguları, literatürde birçok araştırmacı tarafından şeker ve şeker alkollerinin kristalize veya solüsyon formları için elde edilen bulgularla benzer olduğu görülmüştür. Buna göre, dondurmalarda kullanılan şeker ve şeker ikame maddelerinin neler olduğunu MIR-ATR analizleriyle basit ve hızlı bir şekilde belirlenebileceği söylenebilir.



Şekil 4.3. Dondurma örneklerine ait MIR-ATR spektralleri ( $4000-650 \text{ cm}^{-1}$ ) (A: genel spektra  $1800-900 \text{ cm}^{-1}$  arası B: örneklere ait parmak izi bölgesi, C: spektrallara normalizasyon ve ikinci türev işlemi ön işlemi uygulandıktan sonraki görüntüsü, kahverengi: F1 örneği, kırmızı: F2 örneği, yeşil: F3 örneği, pembe: F4 örneği, mavi: F5 örneği)

#### 4.5. Difransiyel Taramalı Kalorimetri Analiz Verileri ve Kalori Değerleri

Termal analiz; çok geniş bir kapsamda kullanılan materyallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonu olarak inceleyen bir tekniktir. Temel

olarak, bir ürünün fiziksel yapısının tam olarak ifade edilmesi onun ısı kapasitesi, ısı akışı, camı geçiş sıcaklığı, kristalizasyon derecesi, ergime ve erime sıcaklığı gibi birçok fiziksel özelliğinin aydınlatılmasına yardımcı olmaktadır. Termal analizler içerisinde en yaygın kullanılan ölçüm tekniği Difransiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizidir. DSC, hemen hemen tüm gıda ürünlerinin fiziksel yapısının ve özelliklerinin aydınlatılmasında kullanılabilir. Gıda proteinlerinin ısıl denatürasyonu, nişasta temelli gıdalarda nişasta jelatinizasyonu ve nişastanın fiziksel faz değişimlerinin belirlenmesi, çeşitli şekerlerin fiziksel özellikleri ve fiziksel faz değişimlerinin izlenmesi, yağlarda bozulma ve oksidasyon, yağ asitleri polimorfizmi, yağların faz değişimlerinin belirlenmesi, gıdalarda bulunan suyun diğer bileşenlerle etkileşimi ve suyun bağlanma özelliklerinin belirlenmesi, gıdalarda bulunan donmamış suyun fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gibi gıdaların işlenmesinde önemli olan birçok teknolojik özelliğin saptanması DSC analizleri ile yapılabilmektedir (Biliaderis, 1983; Thomas ve Schmidt, 2017). Bu çalışmada, dondurma örnekleri DSC cihazı ile analiz edilerek bazı kristalizasyon ve ergime parametreleri belirlenmiştir. Çizelge 4.10'da dondurma örneklerine ait termal özellikler gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, dondurma örneklerinin ergime bitiş sıcaklığı hariç incelenen diğer tüm termal özelliklerinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir ( $P < 0,05$ ). Dondurma örneklerinin kristalizasyon parametreleri incelendiğinde, en yüksek kristalizasyon başlangıç sıcaklığından en düşük sıcaklığa doğru örneklerinin sıralaması  $F3 > F1 > F2 > F5 > F4$  şeklindedir. Diğer taraftan, F4 ve F5 örnekleri ve F1, F2 ve F3 örneklerinin kristalizasyon başlangıç sıcaklıklarında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ( $P < 0,05$ ). Örneklerin kristalizasyon bitiş pik sıcaklıkları karşılaştırıldığında, F3 örneğinin en yüksek kristalizasyon bitiş sıcaklığına sahip olduğu, en düşük kristalizasyon bitiş ve pik sıcaklığına ise sırasıyla F4 ve F5 örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak dondurma mikslerinin  $-14,99$  ve  $-24,49$  °C sıcaklıkları arasında kristalizasyona başladıkları ve  $-18,33$  ve  $-27,12$  °C sıcaklıkları arasında tamamen kristalize oldukları görülmüştür. Diğer taraftan, dondurma örneklerinde en yüksek kristalizasyon entalpisi değerleri F1 ve F2 örneklerinde belirlenirken en düşük kristalizasyon entalpisi ise F5 örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Dondurma örneklerinin ergime parametreleri incelendiğinde ise en düşük ergime başlangıç sıcaklığı  $-16,64$  °C olarak F2 örneğinde, en yüksek ergime başlangıç sıcaklığı ise  $-10,26$  °C olarak F5 örneğinde tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin ergime pik

sıcaklıklarında önemli farklılıkların olduğu ( $P<0,05$ ), ergime bitiş sıcaklıklarının ise birbirine benzer olduğu bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Buna göre, dondurmaların ergime bitiş sıcaklıklarının  $-3,13$  °C ile  $-5,88$  °C arasında olduğu belirlenirken en yüksek ergime pik sıcaklığına F5 örneğinin, en düşük ergime pik sıcaklığına ise F2 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin ergime entalpileri karşılaştırıldığında ise, F1 ve F2, F3 ve F4 örneklerinin ise ayrı ayrı ergime entalpilerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Dondurma örneklerin ergime entalpileri  $88,92-48,49$  J/g arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.10. Dondurma örneklerinin termal özellikleri

Dondurma örneği	Kristalizasyon Ortalama± S.H			
	onset (°C)	end (°C)	peak (°C)	ΔH (J/g)
F1	-19,20±1,11 <sup>AB</sup>	-21,54±1,34 <sup>AB</sup>	-19,85±0,70 <sup>AB</sup>	-53,08±0,32 <sup>C</sup>
F2	-21,01±2,16 <sup>AB</sup>	-24,22±1,27 <sup>BC</sup>	-22,58±1,53 <sup>BC</sup>	-59,03±2,68 <sup>C</sup>
F3	-14,99±0,26 <sup>A</sup>	-18,33±0,30 <sup>A</sup>	-16,04±0,15 <sup>A</sup>	-87,12±0,59 <sup>B</sup>
F4	-24,49±0,46 <sup>B</sup>	-27,12±0,42 <sup>C</sup>	-25,20±0,42 <sup>C</sup>	-86,08±0,46 <sup>B</sup>
F5	-23,29±0,44 <sup>B</sup>	-25,25±0,43 <sup>C</sup>	-23,49±0,46 <sup>C</sup>	-118,32±0,57 <sup>A</sup>
<b>P değeri</b>	0,01	0,01	0,01	0,01
Dondurma örneği	Ergime Ortalama± S.H			
	onset (°C)	end (°C)	peak (°C)	ΔH (J/g)
F1	-15,40±1,45 <sup>BC</sup>	-5,33±0,19	-7,28±0,40 <sup>AB</sup>	48,49±1,44 <sup>D</sup>
F2	-16,64±1,00 <sup>C</sup>	-5,88±0,96	-9,31±1,61 <sup>B</sup>	48,97±0,40 <sup>D</sup>
F3	-11,15±0,49 <sup>AB</sup>	-3,70±0,44	-5,10±0,43 <sup>AB</sup>	67,57±0,01 <sup>C</sup>
F4	-14,64±0,38 <sup>ABC</sup>	-4,56±0,31	-6,56±0,41 <sup>AB</sup>	62,99±0,43 <sup>CB</sup>
F5	-10,26±0,16 <sup>A</sup>	-3,13±0,18	-4,63±0,20 <sup>A</sup>	88,92±0,01 <sup>A</sup>
<b>P değeri</b>	0,01	0,05	0,01	0,01

S.H: standart hata. onset (°C): kristalizasyon veya ergime başlangıç sıcaklığı, end (°C): kristalizasyon veya ergimenin bitiş sıcaklığı, peak (°C): kristalizasyon veya ergimenin pik sıcaklığı, ΔH: kristalizasyon veya ergime entalpisi; <sup>A-D</sup> Her bir termal özellik için farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

Literatürde, farklı formülasyonlar ve bileşenlerle üretilen dondurmaların DSC tekniğiyle çeşitli fiziksel özelliklerinin belirlendiği çalışmalar bulunmaktadır. Kullanılan DSC tekniği ile birlikte uygulanan sıcaklık ve zaman parametrelerine bağlı olarak dondurma örneklerinde farklı fiziksel parameterlerin belirlendiği görülmektedir (Granger, Schöppe, Leger, Barey ve Cansell, 2005; Junyusen, Petnom ve Chienwiboonsook, 2017; Pintor-Jardiness vd., 2018; Whelan, Regand, Vega, Kerry ve Goff, 2008; Yuksel, 2015). Granger vd. (2005) yaptıkları bir çalışmada farklı yağ ve emülsiyon tipinin dondurma

miksi ve dondurmaların partikül büyüklüğü ve termal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, kısmi olarak doyurulmuş monodiglisert kullanılarak üretilen dondurmalarda büyüklüğü 2µm olan partiküllerin oranı doymuş monodiglisert kullanılarak üretilmiş dondurmalarından daha yüksek çıkmıştır. Diğer taraftan, rafine ve hidrojene hindistan cevizi yağı ile üretilmiş dondurmaların kristalizasyon başlangıç sıcaklığının (onset temperature) rafine palm yağı ve sade süt yağı ile üretilmiş dondurmalarından daha düşük olduğu belirlenirken kristalizasyon başlangıç sıcaklığına bağlı olarak kristalizasyon bitiş sıcaklığında (end temperature) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Rafine ve hidrojene hindistan cevizi yağı ile yapılmış dondurmalar için söz konusu sıcaklıkların sırasıyla 7,9 °C -19,3 °C ve -14,6 °C ve -22,2 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada (Whelan vd., 2008), sakkaroz ve trehaloz kullanılarak üretilen dondurmaların kristal büyümesi ve camsı geçiş sıcaklıkları incelenmiştir. Araştırmacılar, %15 trehaloz ve %15 sakkaroz içeren dondurma mikslерinin camsı geçiş başlangıç sıcaklıklarını (T<sub>g</sub>) sırasıyla -44,5 °C ve - 49,5 °C, erime başlangıç sıcaklıklarını ise sırasıyla -33,1 °C ve -34,5 °C olarak belirlemişlerdir. Diğer taraftan, %15 sakkaroz ve %15 trehaloz ile üretilen dondurma mikslерinin kristal büyümelerinde önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Buna göre, %15 sakkaroz ile yapılan dondurma mikslерinin kristal büyümesi %162,4 tespit edilirken, %15 trehaloz içeren dondurma mikslерinde bu değer %161,9 olarak belirlenmiştir. Soukoulis vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada, yulaf, buğday, elma lifi ve inülin eklenmiş dondurma ve model solüsyonların reolojik, kristalizasyon ve camsı geçiş sıcaklıklarını incelemişlerdir. Çalışmada, yulaf ve buğday lifi ile üretilen dondurma miksleri ve model solüsyonlarının viskozitelerinin elma lifi ve inülin ile yapılan dondurmalara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Söz konusu durumun buğday ve yulaf lifinin su bağlama kapasitesinin yüksek olduğundan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Diğer taraftan, araştırmacılar dondurmada inülin kullanımının camsı geçiş sıcaklığını önemli derecede yükselttiğini belirlemişlerdir. % 4 oranında ayrı inülin, elma lifi, yulaf lifi ve buğday lifi bulunan dondurma mikslерinin erime entalpileri sırasıyla 152,2 J/g, 141,5 J/g, 164,4 J/g ve 170,6 J/g olarak hesaplanırken, buz içerikleri ise sırasıyla %45,6, %42,4, %49,2 ve %51,1 olarak belirlenmiştir. Pintor-Jardines vd. (2018), sabır otu (agave) fruktanlarının düşük yağlı, yağlı ve şekerli dondurmaların termal özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, dondurma mikslерine katılan sabır otu fruktan miktarının artması ile her iki dondurma çeşidinde camsı geçiş sıcaklığının düştüğü, erime



sıcaklığının arttığı ve erime entalpisinin azaldığını belirlemişlerdir. Buna karşın, Junyusen vd. (2017) düşük yağlı dondurma örneklerinde (% 6 yağ) fruktan olarak inülin miktarının artması ile camsı geçiş sıcaklığının arttığını, erime başlangıç sıcaklığı ve erime entalpisinde önemli bir değişimin olmadığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, literatür verileri ve çalışmamızda elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, yapılan çalışmalarda elde edilen bulguların, dondurmada kullanılan hammaddelerin özellikleri ile birlikte, DSC analizinde uygulanan sıcaklık ve zaman parametrelerine göre çeşitlilik gösterdiği görülmüştür.

Çalışmada, dondurma mikslерinin kalori değerleri Atwater hesaplama yöntemine göre teorik olarak hesaplanmıştır. Mikslere ait kalori değerleri ve F5 örneğine göre % kalori azaltma oranları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 incelendiğinde, %100 sakkaroz ile üretilen F5 dondurma miksinin hesaplanmış kalori değerinin en yüksek olduğu, en düşük hesaplanmış kalori değerine ise F2 (eritritol:maltitol) dondurma miksinin sahip olduğu görülmektedir. Örneklerin kalori değerleri 142,44-98,19 kcal/100g arasında değişim göstermiştir. En büyük değerden en küçüğe mikslерin kalori değerleri  $F5 > F3 > F4 > F1 > F2$  şeklinde sıralanmaktadır. %100 sakkaroz ile üretilen F5 dondurma miksi temel alındığında, F2 dondurma miksinin kalori değerinin yaklaşık %31 oranında daha az olduğu, bunu % 28 ile F1 dondurma miksinin takip ettiği tespit edilmiştir. F3 ve F4 dondurma mikslерinde ise sırasıyla yaklaşık %17,3 ve %25,62 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Dondurma mikslерine ait kalori değerleri ve % kalori azaltma oranları

Dondurma miksi	Kalori değeri (kcal/100 g) <sup>a</sup>	Kalori azaltma oranı (%)
F1	101,94	28,4
F2	98,19	31
F3	117,69	17,3
F4	105,95	25,62
F5	142,44	-

<sup>a</sup>Kalori değerleri Atwater yöntemine göre teorik olarak hesaplanmıştır.

## 4.6. Mikrobiyolojik Özellikler

### 4.6.1. Toplam Maya-Küf ve Toplam Psikrofil Aerobik Bakteri Sayısı

Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, dondurma örneklerinde belirlenen toplam psikrofil aerobik canlı (TPAC) ve toplam maya-küf sayılarına ait sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12 incelendiğinde, depolama süresince tüm dondurma örneklerinde toplam maya-küf sayısının tespit edilebilir limitlerin altında olduğu (<1 log kob/g) belirlenmiştir. Söz konusu durumun dondurma üretiminin laboratuvarında kontrollü şartlarda yapıldığından ve üretim esnasında genel hijyen kurallarına iyi bir şekilde uyulduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Örneklerin TPAC sayıları incelendiğinde, dondurmaların TPAC sayısı üzerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin interaksiyon etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Buna göre 3. depolama gününde, tüm örneklerin TPAC sayılarının tespit edilebilir düzeyin altında olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde en yüksek TPAC sayısının 4,69 log kob/g düzeyiyle F5 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. Aynı depolama gününde F2, F3 ve F4 örneklerinin TPAC düzeylerinin benzer olduğu belirlenmiştir. En düşük TPAC sayısı (2,47) ise F1 örneğinde gözlenmiştir. Depolama süresi göz önüne alındığında, 15. günden sonra F2, F4 ve F5 örneklerinin TPAC sayılarında önemli bir değişim olmadığı ve mikroorganizma sayısının 3,71-4,69 log kob/g düzeyinde değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek TPAC sayısı ise F1 örneğinde 15. günde (2,47 log kob/g) ve F3 örneğinde 30. günde (5,30 log kob/g) belirlenmiştir. Söz konusu durumun, dondurma örneklerinin bileşiminde bulunan sorbitolden ve mikroorganizmaların metabolizmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan çalışmalarda, süt ve süt ürünlerinde baskın mikrobiyal flora olarak bilinen laktik asit bakterilerinin sorbitol, mannitol, eritritol gibi polyoller ürete ve kullanma metabolizmalarının olduğu belirlenmiş olsa da söz konusu metabolizmalar tam olarak aydınlatılamamıştır (Liu, 2003; Leroy ve Vuyst, 2004; Papagianni, 2012).

*Lactobacillaceae* familyasından olan *Lactobacillus casei*, *Streptococcaceae* familyasından olan *Streptococcus salivaris* spp. *thermophilus* ve *Enterococcus faecium*’un bazı suşlarının sorbitolu kullandığı bilinmektedir (Kılıç, 2014; Monedero, Martinez ve Yebra, 2010).

Genel olarak dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Yücel ve Çıtak, (2000), Ankara’da halkın tüketimine sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi belirlemiştir. 30 adet sade dondurma örneğinde yapılan mikrobiyolojik ekimler sonucunda, maya-küf sayısı ortalama  $4,6 \times 10^2$ /ml iken psikrofil bakteri sayısı  $7,0 \times 10^2$ /ml olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Dondurma örneklerine ait mikrobiyal analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Psikrofil Aerobik Canlı Ortalama (log kob/g) $\pm$ S.H				
	Dondurma Örneği				
	F1	F2	F3	F4	F5
3	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
15	$2,47 \pm 0,01^{A,c}$	$3,71 \pm 0,05^{A,b}$	$4,04 \pm 0,01^{B,b}$	$3,90 \pm 0,45^{A,b}$	$4,69 \pm 0,01^{A,ab}$
30	$<1^{B,c}$	$3,74 \pm 0,06^{A,b}$	$5,30 \pm 0,01^{A,a}$	$4,36 \pm 0,01^{A,ab}$	$4,47 \pm 0,01^{A,ab}$
60	$<1^{B,b}$	$3,98 \pm 0,01^{A,a}$	$4,11 \pm 0,80^{B,a}$	$4,08 \pm 0,01^{A,a}$	$4,0 \pm 0,01^{A,a}$
<i>P değeri</i>	0.01				
Depolama Süresi (Gün)	Toplam Maya-Küf Ortalama (log kob/g) $\pm$ S.H				
	Dondurma Örneği				
	F1	F2	F3	F4	F5
3	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
15	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
30	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
60	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E

S.H: standart hata. <sup>A-C</sup> Depolama süresince aynı dondurma örneklerinde farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0,05$ ). <sup>a-c</sup> Aynı depolama gününde farklı dondurma örneklerinde farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0,05$ ). T.E: tespit edilemedi.

Patır, Öksüztepe, İlhak ve Bozkurt, (2004)’un Elazığ’da tüketime sunulan sade dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, maya-küf miktarını ortalama 2,43 log kob/g düzeyinde bulurken, psikrofil bakteri sayısını ortalama 4,17 log kob/g olarak belirlemiştir. Yapılan diğer bir diğer çalışmada (Akarca ve Kuyucuoğlu, 2008), Afyonkarahisar’da satılan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda psikrofil bakteri sayısı ortalama  $4,0 \times 10^5$  kob/g olarak bulunmuştur. Deve sütü kullanılarak üretilmiş düşük yağlı dondurmaların mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada ise (Ahmed ve Zubeir, 2015), vanilyalı dondurma örneklerinde maya-küf miktarı ortalama 4,25 log kob/g bulunurken psikrotrof mikroorganizma sayısı ortalama 4,42 log kob/g olarak bulunmuştur. Psikrotrof

mikroorganizma ortalamasının çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik gösterdiği ancak maya-küf miktarının sonuçlarımızla örtüşmediği görülmüştür. Bu durumun dondurma örneklerinde kullanılan hammaddelerden ya da çalışma ortamının hijyen şartlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Arslaner ve Salık (2017), ceviz ezmesi ve dut kurusu tozu ilavesiyle ürettikleri düşük kalorili dondurma örneklerinde yaptıkları mikrobiyolojik analizler sonucunda dondurma örneklerinde maya ve küf üremesi gözlenmediğini bildirmişlerdir. Bu bulgu, yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz bulgularla benzerlik göstermektedir. Çubukçı ve Atasever (2018), Erzurum piyasasında tüketime sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine yaptıkları araştırmada, vanilyalı dondurma örneklerinde yapılan istatistiksel analiz sonucunda psikrofil bakteri sayısını en düşük 3,30 log kob/g en yüksek ise 7,17 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, çalışmada üretilen dondurma örneklerinin TPAC sayılarına ait elde edilen bulgular, önceki çalışmalardaki bulgularla desteklenmektedir.

#### **4.7. Duyusal Özellikler**

Gıdaların kalite özellikleri içerisinde tüketici tarafından kontrol edilen özelliği sadece duyuşal özelliği olduğundan dolayı bu ürünlerin görünüş, lezzet, doku ve diğer duyuşal özelliklerine tüketicilerin gösterdiği tepkilerin belirlenmesi ve gıda örneklerinin beğenilerinin herbir tüketici grubu açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, gıdalarda tüketici testlerinden çoğunlukla yararlanılmaktadır (Onoğur ve Elmacı, 2011). Yapılan bu çalışmada, dondurma örneklerinde yapılan tüketici testine ait sonuçlar Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Yapılan Kruskal-Wallis testi sonucunda dondurma örneklerinin görünüş, kıvam, tat-koku ve beğeni derecesi arasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Buna göre, %100 sakkaroz kullanılarak üretilen F5 örneği ile F1 (eritritol:maltitol) ve F3 (maltitol:sorbitol) örneklerinin görünüşleri arasında tüketiciler tarafından önemli bir fark olmadığı belirtilmiş ve örneklerin yüksek görünüş puanları aldığı tespit edilmiştir. Görünüş özelliği açısından tüketiciler tarafından en düşük puan F4 (eritritol:sorbitol:maltitol) örneğine verilmiştir. Dondurma örneklerinin kıvam özellikleri incelendiğinde, şeker ikame maddesi kullanılarak üretilen F1, F2, F3 ve F4 örneklerinin kıvam özelliklerinin benzer olduğu belirlenmiştir. %100 sakkaroz ile üretilen F5 örneğinin ise diğer örneklere göre daha yüksek puan aldığı tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin tat-koku diğer bir deyişle

lezzet özelliği ele alındığında, tüketiciler tarafından F1 ile F4 ve F2, F3 ile F5 örnekleri lezzetlerinin birbiriyle benzer olduğu ve önemli lezzet farklılığının olmadığı ifade edilmiştir. Tüketicilerin dondurmalar üzerindeki genel beğeni dereceleri söz konusu olduğunda F1 ile F4, F2 ile F3 örneklerinin beğeni dereceleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. En yüksek beğeni derecesine %100 sakkaroz ile üretilen F5 dondurma örneği sahip olurken bunu F2 ve F3 örnekleri takip etmiştir.

Çizelge 4.13. Dondurma örneklerine ait duyuşal özellikler

Dondurma örneği	Duyuşal Özellikler (Ortalama + S.H)			Beğeni Derecesi
	Görünüş	Kıvam	Tat-Koku	
F1	5,87±0,28 <sup>bcd</sup>	5,45±0,31 <sup>b</sup>	4,32±0,32 <sup>b</sup>	3,54 <sup>a</sup>
F2	6,64±0,23 <sup>ad</sup>	6,23±0,28 <sup>b</sup>	5,71±0,28 <sup>a</sup>	2,91 <sup>b</sup>
F3	6,50±0,24 <sup>ac</sup>	6,10±0,29 <sup>b</sup>	5,73±0,33 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>
F4	5,60±0,29 <sup>b</sup>	5,46±0,29 <sup>b</sup>	4,32±0,29 <sup>b</sup>	3,82 <sup>a</sup>
F5	6,91±0,19 <sup>a</sup>	7,07±0,20 <sup>a</sup>	6,47±0,27 <sup>a</sup>	1,87 <sup>c</sup>

S.H: standart hata. <sup>a-c</sup>Her bir duyuşal özellikte farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P<0,05$ )

Literatürde dondurmaların duyuşal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, dondurmanın duyuşal özellikleri üzerine içeriğinde bulunan bileşenlerin etkisi olduğu açıkça görülmektedir (Cadena, Cruz, Faria ve Bolini, 2012; Guinard, Morse, Panyam ve Kilara, 1996). Şeker ve yağın dondurmanın duyuşal özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Guinard vd., 1996), yüksek yağ içeren dondurma örneklerinin daha iyi tekstür ve aroma oranlarına sahip olduğu rapor edilmiştir. Hatipoğlu (2007), yağ ikame maddesi olarak %2 Maltrin 040 ve %6 Simplese kullandığı çalışmasında, dondurmadaki yağ düzeyinin duyuşal kabul edilebilirlik değeri üzerinde etkisinin çok önemli olduğunu ve diğer faktörlerin kabul edilebilirlik üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, en yüksek duyuşal genel kabul edilebilirlik değerinin (8,20), %7,5 yağlı Simplese ilave edilen örneklerde 1. depolama gününde ve %5 yağlı Simplese ilave edilen örneklerde depolamanın 1. ve 15. gününde görülürken %10 yağlı kontrol gurubu örneklerinde depolamanın 1., 30. ve 60. günlerinde görüldüğünü belirtmiştir. Cadena vd. (2012) yaptıkları bir çalışmada yağı ve şekeri azaltılmış vanilyalı dondurmaların duyuşal özellikleri ve kabul edilebilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada, şeker ikamesi olarak sorbitol, aspartam, sodyum siklamat, laktitol, sükraloz ve aspartam kullanılmıştır. Yapılan duyuşal değerlendirmeler sonucunda kabul edilebilirlik değeri en

yüksek (6,38) olan örneğin %3,3 yağ ve sorbitol:sükraloz ihtiva eden dondurma örneği olduğu belirlenmiştir. Az yağlı dondurma üzerine yapılan bir diğer çalışmada (Tiwari vd., 2014) yağ ikame maddesi olan inülinin dondurma kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. %0, %2, %4 ve %6 oranlarında inülin ikame edecek şekilde hazırlanan dondurma örneklerine panalistler tarafından uygulanan duyuusal değerlendirme sonucunda kontrol gurubu (%0 inülin) ile %2 ve %4 inülin içeren dondurma örnekleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlenirken, %6 inülin içeren donduruma örneğinin kabul edilebilirliğinin en düşük olduğu rapor edilmiştir. Kalorisi azaltılmış dondurma ürünlerinde kullanılan ikame maddelerinin miktarının tadı ve beğeni derecesini etkilediği bazı çalışmalarla desteklenmiştir. Nitekim Alizadeh, Azizi-Lalabadi ve Kheirouri (2014), yapmış oldukları çalışmada %0, %0,02, %0,04, %0,07 ve %0,11 oranlarında stevia ilave edilen dondurma örneklerinde stevia miktarının artmasıyla dondurmanın tat ve koku bakımından beğeni derecesinin düştüğünü bildirmişlerdir. Sarıoğlu (2015), düşük kalorili dondurma üretiminde doğal tatlandırıcı olarak stevia ekstraktı kullandığı çalışmasında %15 sakkaroz, %1,5 stevia, %0,08 aspartam ve %1,5 aspartam+asesülfam-K içeren 4 farklı formülasyon üzerinde çalışmasını tamamlamıştır.

Dondurma örneklerinde duyuusal analizler 8 kişilik eğitimsiz panalist gurubu tarafından yapılmıştır. Dondurma örnekleri; renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve koku özellikleri bakımından 5 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda dondurma örnekleri renk ve görünüş açısından 4,08 ile 4,92 arasında değişen puanlar almıştır. Renk ve görünüş için en yüksek puanı (4,87) sakkaroz ilaveli örnek alırken, stevia ilave edilen örnek 4,64 puan almıştır. En düşük puanı ise (4,64) aspartam ilave edilen örnek ile aspartam+asesülfam-K içeren örneğin aldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, depolama süresindeki artışın renk ve görünüş özelliğini olumsuz etkilediğini göstermiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda örneklerin yapı ve kıvam puanlarının 3,83 ile 4,73 arasında değiştiği görülmüştür. Yapıda bulunan farklı tatlandırıcıların yapı ve kıvam üzerindeki etkisinin önemli olduğu ( $P<0,05$ ) belirtilmiştir. Tüm dondurma örneklerinde depolama süresinin artmasıyla yapı ve kıvam özelliklerinin beğeni derecesinin azaldığı rapor edilmiştir. Tat ve koku özellikleri için en yüksek puanın (4,78) sakkaroz içeren dondurma örneği ile aspartam içeren dondurma örneğine verildiği buna karşın en düşük puanın ise (4,53) stevia içeren örnek ile aspartam+asesülfam-K içeren örneğe verildiği belirtilmiştir. Depolama süresinin artmasıyla tat ve koku açısından

beğenin azaldığı bildirilmiştir. Arslaner ve Salık (2017) yağ ikamesi olarak ceviz ezmesi ve şeker ikamesi olarak dut kurusu tozu ilavesiyle üretilen düşük kalorili dondurma üzerine yapmış oldukları çalışmada dondurma örnekleri panalistler tarafından; renk ve görünüş (4,5), yapı ve kıvam (4,25), tat ve koku (4,63), buzlu yapı (4,63), ağızda erime (4,88) ve sakızimsılık (4,13) özellikleri bakımından 5 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonunda dondurma örneklerinin belirtilen özellikleri bakımından 4 puan üzerinde puanlar aldığı belirtilmiştir.



## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çeşitli şeker ikamelerinin düşük kalorili dondurma üretiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı bu çalışmada, oluşturulan dondurma formülasyonlarının kalori miktarının klasik dondurmaya göre daha düşük olması hedeflenmiştir. Depolama süresine ve kullanılan şeker ikame maddesi çeşidine bağlı olarak dondurma örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyuusal ve aroma bileşenlerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen genel bulgular şu şekildedir;

1. Dondurma örneklerinin kimyasal analiz bulgularının istatistiksel verilerine göre, örnekler arasında kurumadde (%), yağ (%) ve azot (%) açısından önemli bir fark bulunmazken kül miktarı (%) açısından farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yapılan asitlik analizleri sonucunda, asitlik değerlerinin dondurma çeşidine göre depolama süresince değişim gösterdiği görülmüştür. Buna göre, en düşük asitlik değerinin %0,11 ile F1 örneğinde depolamanın 30. gününde olduğu belirlenirken en yüksek asitlik değerinin ise %0,24 ile F5 örneğinin depolamanın 3. gününde olduğu tespit edilmiştir. F2, F3 ve F4 dondurma örneklerinin depolama süresi boyunca % laktik asit değerinin değişmediği saptanmıştır. F5 örneğinin ise depolamanın 15. gününde % laktik asit değerinin düştüğü ve daha sonraki günlerde bu değer önemli oranda değişmediği görülmüştür. Dondurma örneklerinin pH değerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin ayrı ayrı etkisinin olduğu belirlenmiştir. En yüksek pH değerine sahip örneğin F5 olduğu (7,34), en düşük pH değerine sahip örneğin ise F2 olduğu (7,27) saptanmıştır. Depolama süresi boyunca örneklerin pH değerinin 7,28'den 7,39'a arttığı belirlenmiştir.
2. Dondurma örneklerinin *L* renk değerleri üzerinde dondurma çeşidi ve depolama süresinin interaksiyon etkisinin önemli olduğu görülmüş ve depolamanın belirli günlerinde dondurma örneklerinin *L* renk değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 3. ve 60. günlerinde dondurma örnekleri arasında *L* renk değeri bakımından belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin *a* renk değerleri üzerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin ayrı ayrı etkisinin olduğu görülürken *b* renk değerlerine ise sadece depolama süresinin etkisi olduğu belirlenmiştir.



3. Araştırma sonuçlarına göre dondurma mikslerinin viskozite verileri değerlendirildiğinde, tüm mikslerin artan kesme hızına karşılık görünür viskozitelerinin azaldığı diğer bir deyişle pseudoplastik akış davranış özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre, F1 miksini görünür viskozite özelliği açısından en düşük viskozite değerine sahip dondurma miks olduğu belirlenmiştir. En yüksek görünür viskozite değeri ise %100 sakkaroz kullanılarak hazırlanan F5 miksinde bulunmuştur. En yüksek kıvam katsayısının  $0,837 \text{ Pa.s}^n$  ile maltitol:sorbitol (1:1) şeker ikame maddesini içeren dondurma miksine ait olduğu tespit edilmiştir. Buna en yakın kıvam katsayısı değerinin ( $0,834 \text{ Pa.s}^n$ ) ise %100 sakkaroz ile hazırlanan F5 miksine ait olduğu görülmüştür. Dondurma mikslerinin akış davranış indeksleri incelendiğinde; en yüksek akış davranış indeksi F5 örneğinde (0,516), en düşük akış davranış indeksi ise F3 örneğinde (0,464) belirlenmiştir. Viskozite bulgularından görüldüğü gibi, şeker alkollerinin üretilen dondurma mikslerinin viskozite, kıvam katsayı ve akış davranış indeksi üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.
4. Dondurma örneklerinin erime oranlarına bakıldığında, örneklerin erime oranları arasında önemli bir farklılığın olmadığı ve depolama süresinin dondurma örneklerinin erime oranları üzerinde etkisinin önemli olmadığı görülmüştür. Dondurma örneklerinin erime oranlarının  $2,99-3,90 \text{ g}/100\text{g}/\text{dk}$  aralığında olduğu saptanmıştır. Dondurma örneklerinin overrun değerlerinde ise önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Sakkaroz kullanılarak üretilen F5 dondurma örneğinin en yüksek overrun değerine (%44,10) sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun sakkarozun dondurma yapısını geliştirdiği ve böylece yapıda hava moleküllerinin daha iyi tutulmasını sağladığından kaynaklandığı bilinmektedir.
5. Dondurma örneklerinin sertlik değerleri üzerine depolama süresi ve dondurma çeşidinin interaksiyon etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlara göre depolama boyunca örneklerin sertlik değerlerinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Örneklerin depolama başında sertlik değerleri  $39,50-373 \text{ g}$  arasında iken depolama sonunda bu değerlerin  $96,5-734,1 \text{ g}$  arasında olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun, buz kristallerinin hacmi ve büyüklüğünün depolama süresi boyunca artmasından kaynaklanabileceğinden olduğu düşünülmektedir. En düşük sertlik değerine sahip dondurma örneğinin ise eritritol:sorbitol:maltitol (1:1:1) içeren F4 örneği olduğu belirlenmiştir.

6. Dondurma örneklerinde 32 adet uçucu bileşen belirlenmiştir. Hekzanoik asit (ekşimsi), oktanoik asit (vaks), 2-heptanon (otsu), asetoik (kremamsı), 2-pentanon (muz), hekzanal (çimen) ve vanilin aromalarının ve ayrıca alkol türevli olan 2-etil-1-hekzanol ve izoamil alkolün tüm dondurma örneklerinde yüksek olduğu görülmüştür. Terpenik veya fenolik türevli olan  $\alpha$ -pinen, d-limonen ve linalool bileşenlerinin de donduruma örneklerinde var olduğu tespit edilmiştir.
7. Elde edilen dondurma formülasyonlarının yapısal farklılıklarını belirlemek için yapılan kızılötesi spektrometre ölçümlerinde kullanılan şeker türü ve kombinasyonlarına bağlı olarak farklı spektralar toplanmıştır. Elde edilen spektralara göre sorbitol, maltitol ve eritritol ile üretilen dondurma örneklerinin MIR-ATR spektralarının ve intensitelerinin birbirine benzer olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan şeker alkollerini içi karakterize bantların yaklaşık olarak  $1079\text{ cm}^{-1}$ ,  $1024\text{ cm}^{-1}$  ve  $885\text{ cm}^{-1}$  dalga boylarında maksimum olduğu belirlenmiştir. Sadece sakkaroz kullanılan F5 örneğinin karakteristik belirleyici bantlarının  $1051\text{ cm}^{-1}$ ,  $994\text{ cm}^{-1}$  ve  $925\text{ cm}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen kızılötesi spektralarının literatürde mevcut olan alakalı çalışmaların çıktıları ile uyum içinde olduğu görülmüştür.
8. DSC analizi sonuçlarına göre ergime bitiş sıcaklığı dışında, dondurma örneklerinin diğer tüm termal özelliklerinde önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Kristalizasyon parametrelerine bakıldığında kristalizasyon başlangıç sıcaklığı en düşük olan dondurma örneğinin F4 ( $-24,49\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), en yüksek olan dondurma örneğinin ise F3 ( $-14,99\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) olduğu görülmüştür. F4 ve F5 örnekleri ile F1, F2 ve F3 örneklerinin kristalizasyon başlangıç sıcaklıklarında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). En yüksek kristalizasyon bitiş sıcaklığına sahip olan örneğin F3 ( $-18,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) olduğu, en düşük kristalizasyon bitiş ve peak sıcaklığına sahip olan örneklerin de F4 ( $-27,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-25,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ve F5 ( $-25,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-23,49\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) olduğu görülmüştür. En düşük kristalizasyon entalpisinin F5 ( $-118,32\text{ g/J}$ ) örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin ergime parametrelerine bakıldığında, en düşük ergime başlangıç sıcaklığı F2 ( $-16,64\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) örneğinde, en yüksek ergime başlangıç sıcaklığı ise F5 ( $-10,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) örneğinde görülmüştür. Dondurma örneklerinin ergime entalpileri karşılaştırıldığında F5 örneğinin ergime entalpisinin diğer örneklerden daha yüksek olduğu ( $88,92\text{ J/g}$ ) belirlenmiştir. Sonuç olarak kullanılan şeker çeşidinin dondurmanın termal özelliklerini etkilediği ve sakkaroz kullanılarak üretilen dondurma

örneğine termal özellikler açısından en yakın olan örnekleri F3 ve F4 olduğu görülmüştür.

9. Dondurma mikslерinin teorik olarak hesaplanan kalori değerlerine bakıldığında, 142,44 kcal/100g değeri ile en yüksek kalori değerine sahip olan örneğin %100 sakkaroz içeren F5 donduruma mikse ait olduğu belirlenmiştir. En düşük kalori değerine sahip miks (98,19 kcal/100g) eritritol:maltitol (1:1) tatlandırıcılarını içeren F2 miksdir. Nitekim sakkaroz içeren örnek referans alınarak kalori azalma oranları incelendiğinde kalori azalma oranının en fazla olduğu miksin de F2 olduğu (%31) görülmektedir. Referans alınan F5 örneğinin yağ miktarının klasik dondurmaya göre daha az olduğu düşünülürse kalori hesaplaması sonucu elde edilen bulgular ile hedeflenen değerlere ulaşıldığı görülmektedir.
10. Dondurma örneklerinin mikrobiyolojik ekim sonuçlarında toplam maya-küf sayısının <1 log kob/g düzeyinde olduğu görülmektedir. Depolamanın 3. gününde tüm dondurma örneklerinin toplam psikrofilik aerobik canlı sayısının (TPAC) <1 log kob/g düzeyinde olduğu ve 15. günde tüm örneklerde TPAC sayısında artış olduğu belirlenmiştir. Bu durumun süt ve süt ürünlerinde bulunan laktik asit bakterilerinin sorbitol, mannitol, eritritol gibi polyoller kullanma metabolizmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.
11. Dondurma örneklerinin görünüş, kıvam, tat-kou ve beğeni derecesi üzerine yapılan duyuşal değerlendirmeler sonucunda bu özellikler arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Görünüş ve tat-koku özellikleri bakımından F2, F3 ve F5 örnekleri arasında belirgin bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. F1, F2, F3 ve F4 dondurma örneklerinin kıvam özellikleri bakımından benzer olduğu, kıvam özelliği açısından en beğenilen dondurma örneğinin ise %100 sakkaroz kullanılarak üretilen F5 örneği olduğu görülmüştür. Tüketiciler tarafından en çok beğenilen dondurma örneği F5 olarak belirlenmiş, buna en yakın beğeni alan örneklerin de F2 ve F3 olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kullanılan şeker ikame maddelerinin dondurmanın duyuşal özelliklerini etkilediği açıkça görülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda;

1. Eritritol, sorbitol ve maltitolun düşük kalorili dondurma üretiminde kullanılabilceğini, söz konusu polyollerin dondurmada kullanımıyla istenen duyuşal ve tat özelliklerinin

yakalanabileceği ve dondurma üreticilerine söz konusu polyolleri kullanarak düşük kalorili dondurma üretebilecekleri önerilebilir.

2. Düşük kalorili dondurma üretiminde çalışmada kullanılan polyollerle dondurmalarda kalori değerleri %25-50 oranında azaltılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
3. Özellikle düşük yağlı ve düşük şekerli dondurmalarda yapısal olarak en önemli sorunlardan biri erimenin kolay gerçekleşmesidir. Söz konusu durum yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan polyollerin farklı kombinasyonlarının da denendiği çalışmaların yapılması gerekmektedir. Çalışmada kullanılan karbonhidrat türevli yağ ikame maddesi yerine protein türevli yağ ikame maddeleri denenerek yeni çalışmalar yapılmalıdır.
4. Düşük kalorili dondurma üretimi üzerine yapılacak çalışmalarda, özellikle dondurmanın mikrofiziksel yapısının taramalı elektron mikroskobu (SEM), transmisyon elektron mikroskobu (TEM) gibi cihazlarla daha detaylı aydınlatılması gerekmektedir.
5. Düşük kalorili dondurma üretiminde, üretilen dondurmaların beslenme ve diyetetik açıdan ve ayrıca insan metabolizması açısından da irdelenmesi elzemdir.

## KAYNAKLAR

Ahmed, A. S. M., Zubeir, I. E. M. (2015). Microbiological and sensory properties of low fat ice cream from camel milk using natural additives. *Annals. Food Science and Technology*, 16(1), 236-244.

Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., And Ryland, D. (2001). Tekstural analysis of fat reduced ice cream products. *Food Research International*, 34, 237-246.

Akalın, A. S., Karagozlu, C. Unal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227, 889-895.

Akarca, G., Kuyucuoğlu, Y. (2008). Afyonkarahisar'da satılan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine çalışmalar. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 1, 11-17.

Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55.

Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., Kheirouri, S. (2014). Impact of using stevia on physicochemical, sensory, rheology and glycemic index of soft ice cream. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 390-396.

Anonim, 2018a. Open Chemistry Database. Web adresi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Erişim tarihi: 30/08/2018.

Anonim, 2018b. Scientific validation of polydextrose as a fibre and sustained prebiotic for digestive health. Web adresi: <https://www.slideshare.net/GeoffreyOsullivan/scientific-validation-of-polydextrose-as-a-fibre-and>. Erişim tarihi: 30/08/2018.

Anonim, 2001. Türk Gıda Kodeksi, Kilo Verme Amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği, Tebliğ no:2014/3.

Anonim. (1997). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği, tebliğ no:2004/45.

Arbuckle, W. S. (1986). *Ice cream*. New York: Champa and Hall.

Arslaner, A., Salık, M. A. (2017). Ceviz ezmesi ve dut kurusu tozu ilavesiyle üretilen düşük kalorili dondurmanın bazı kalite niteliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 57-64.

Avsar, Y.K., Yüceer, Y. K., Drake, M. A., et al. (2004). Characterization of nutty flavor in cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 1999–2010.

Ayed, C., Martins, S. I. F. S., Williamson, A. M., Guichard, E. (2018). Understanding fat, proteins and saliva impact on aroma release from flavoured ice creams. *Food Chemistry*, 267, 132-139.

- Aykan, V., Sezgin, E. Guzel Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(6): 516-520.
- Balthazara, C. F., Silvaa, H. L. A., Esmerinoa, E. A., Rochab, R. S., Moraesb, J., Carmoc, M. A. V., Azevedoc, L., Campsd, I., Abude, Y. K. D., Sant'Annae, C., Francoa, R. M., Freitas, M. Q., Silvab, M. C., Raicesb, R. S. L., Escherf, G. B., Granatof, D., Ranadheerag, C. S., Nazarroh, F., Cruzb, A. G. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464-472.
- Bernt, W. O., Borzelleca, J. F., Flamm, G., Munro, I. C. (1996). Erythritol: a review of biological and toxicological studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 24, 191-197.
- Biliaderis, C. G. (1983). Differential scanning calorimetry in food research a review. *Food Chemistry*, 10(4), 239-265.
- Boesten, D. M. P. H. J., Hartog, G. J. M., Decock, P., Bosscher, D., Bonnema, A. Bast, A. (2015). Health effects of erythritol. *Nutrafoods*, 14(1), 3-9.
- Bordi, P., Cranage, D., Stokols, J., Palchak, T., Powell, L. (2004). Effect of polyols versus sugar on the acceptability of ice cream among a student and adult population. *Foodservice Research International*, 15(1), 41-50.
- Bradley, J. R. L., Arnold, J. E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., Vines, B. K. (1992). *Chemical and physical methods in standard methods for the examination of dairy products*. Washington: American Public Health Association.
- Cadena, R. S., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A. (2012). Reduced fat and sugar vanilla ice creams: Sensory profiling and external preference mapping. *Journal of Dairy Science*, 95, 4842-4850.
- Çakmakçı, S., Topdaş, E. F., Kalın, P., Han, H., Şekerci, P. P., Köse, L., Gülçin, İ. (2015). Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 472-481.
- Çakmakçı, S., Topdaş, E. F., Çakır, Y., Kalın, P. (2016). Functionality of kumquat (*Fortunella margarita*) in the production of fruity ice cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5), 1451-1458.
- Canımoğlu, S. (2009). *Maltitolün sıçanlarda mutajenik ve teratojenik etkileri* (Doktora Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çelik, Ş., Cankurt, H., Doğan, C. (2008). Safran ilavesinin sade dondurmanın bazı özelliklerine etkisi. *Gıda*, 3: 1-7.

- Chamchan, R., Sinchaipanit, P., Disnil, S., Jittinandana, S., Nitithamyong, A., On-nom, N. (2017). Formulation of reduced sugar herbal ice cream using lemongrass or ginger extract. *British Food Journal*, 119(10), 2172-2182.
- Clarke, C. (2004). *The science of ice cream*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Contarini, G., Povolo, M., Leardi, R., Toppino, P. M. (1997). Influence of heat treatment on the volatile compounds of milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3171-3177.
- Contarini, G., Povolo, M. (2002). Volatile fraction of milk: Comparison between purge and trap and solid phase microextraction techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7350-7355.
- Coşkun, H. (1998). Yoğurt dondurması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 354-358.
- Çubukçı, S., Atasever, M. A. (2018). Erzurum piyasasında tüketime sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1), 54-62.
- Danesh, E., Goudarzi, M., Jooyandeh, H. (2017). Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5206-5211.
- Dan, T., Wang, D., Wu, S., Jin, R., Ren, W., Sun, T. (2017). Profiles of volatile flavor compounds in milk fermented with different proportional combinations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Molecules*, 22(1633), 1-14.
- Demirci, M., Şimşek, O. (1997). *Süt işleme teknolojisi*. İstanbul: Ferda Kitabevi.
- Demirkol, A., Guneser, O., Karagul Yuceer, Y. (2016). Volatile Compounds, Chemical and Sensory Properties of Butters Sold in Çanakkale. *Journal of Agricultural Sciences* 22, 99-108.
- Dogan, M., Kayacier, A. (2007). The effect of ageing at a low temperature on the rheological properties of Kahramanmaraş-type ice cream mix. *International Journal of Food Properties*, 10(1), 19-24.
- El Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V., Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 89-93.
- Erkaya, T., Dağdemir, E., Şengül, M. (2012). Influence of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. *Food Research International*, 45(1), 331-335.
- FDA-BAM-3. (2001). Aerobic plate count Agar. Food and Drug Administration, Bacteriological Analytical Manual Online. U.S. Food & Drug Administration Center for Food Safety & Applied Nutrition.

- Friedeck, K. G., Karagul-Yuceer, Y., Drake, M. A. (2003). Soy protein fortification of a low-fat dairy-based ice cream. *Journal of Food Science*, 68(9), 2651-2657.
- Friedrich, J. E., Acree, T. E. (1998). Gas chromatograph olfactometry (GC/O) of dairy products. *International Dairy Journal*, 8, 235-241.
- Gharsallaoui, A., Rogé, B., Mathlouthi, M. (2008). Solid liquid equilibrium of maltitol aqueous solutions implications on the crystallization behavior and process. *Food Biophysics*, 3(1), 16-24.
- Gharsallaoui, A., Rogé, B., Mathlouthi, M. (2008). Water disaccharides interactions in saturated solution and the crystallisation conditions. *Food chemistry*, 106(4), 1329-1339.
- Goff, D. H., Jordan, W. K. (1984). Aspartame and polydextrose in a calorie-reduced frozen dairy dessert. *Journal of Food Science*, 49, 306-307.
- Goff, H.D. (1997). Colloidal aspects of ice cream a review. *International Dairy Journal*, 7:363 –373.
- Goff, H. D. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 7(5-6), 432-437.
- Goff H.D., Hartel, R.W. 2013. *Ice cream*. United States: Springer.
- Guinard, J. -X., Morse, C. Z., Panyam, D., Kilara, A. (1996). Effect of sugar and fat on the acceptability of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 79, 1922-1927.
- Guneser, O., Yuceer, Y. K. (2011). Characterisation of aroma active compounds, chemical and sensory properties of acid coagulated cheese: Circassian cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64(4), 517-525.
- Güven, M., Karaca, O. B., Yaşar, K. (2010). Düşük yağ oranlı Kahramanmaraş tipi dondurma üretiminde farklı emülgatörlerin kullanımının dondurmaların özellikleri üzerine etkileri. *Gıda Dergisi*, 35(2), 97-104.
- Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., Cansell, M. (2005a). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 15(3), 255-262.
- Granger, C., Schöppe, A., Leger, A., Barey, P., Cansell, M. (2005b). Influence of formulation on the thermal behavior of ice cream mix and ice cream. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(6), 427-431.
- Hatipoğlu, A. (2007). *Bazı yağ ikame maddeleri kullanılarak yapılan yağ oranı düşürülmüş dondurmaların kalite özelliklerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Hendry, G. A. F. (1992). *Natural food colorants*. New York: Blackie.



ISO-CIE Standard. (2008). Colorimetry, part 4: CIE 1976 L\*a\*b\* colour space, 11664-4.

Jie, Z., Bang-yao, L., Ming-jie, X., Hai-wei, L., Zu-kang, Z., Ting-song, W., Craig, S. A. (2000). Studies on the effect of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1503-1509.

Junyusen, T., Petnom, g., Chienwiboonsook, B. (2017). The effects of inulin on the physicochemical characteristics of reduced-fat ice cream. *Suranaree Journal Science Technology* 24(1), 13-22.

Kaçar, A., Şahan, N. (2004). Yağ ikame maddeleri kullanılarak üretilen enerjisi azaltılmış dondurmaların kimyasal özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 7-13.

Kačuráková, M., Mathlouthi, M. (1996). FTIR and laser-Raman spectra of oligosaccharides in water: characterization of the glycosidic bond. *Carbohydrate research*, 284(2), 145-157.

Karaca, O. B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S., Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological, and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technolgy*, 62, 93-99.

Karaman, S., Kayacier, A. 2012. Rheology of ice cream mix flavored with black tea or herbal teas and effect of flavoring on the sensory properties of ice cream. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3159-3169.

Karasu, S. (2009). *Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özelliklerinin optimize edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Karav, S. (2009). *Farklı türden meyve sularının doğal sorbitol içeriği* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karagul-Yuceer, Y., Cadwallader, K. R., Drake, M. (2002). Volatile flavor components of stored nonfat dry milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 305-312.

Khan, R. (1993). *Low calorie foods and food ingredients*. New York: Springer Science+Business Media.

Kılıç, S. 2014. *Süt endüstrisinde laktik asit bakterileri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Koeflerli, C. R. S., Piccinali, P., Sigrist, S. (1996). The influence of fat, sugar and non-fat milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of a vanilla ice-cream. *Food Quality and Preference*, 7(2), 69-79.

Konar, A., Akın, M. S. (1992). İnek, keçi, koyun sütlerinden üretilen dondurmaların kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinin saptanması üzerine karşılaştırmalı bir araştırma. *Doğa Dergisi*, 16, 711-720.

Leroy, F. And Vuyst, L. D., (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Food Science and Technology*, 15, 67-78.

Lin, S. J., Wen, C. Y., Liao, J. C., Chu, W., S. (2001). Screening and production of erythritol by newly isolated osmophilic yeast-like fungi. *Process Biochemistry*, 36, 1249-1258.

Li, Y., Zhang, L., Wang, W. (2012). Formation of aldehyde and Ketone compounds during production and storage of milk powder. *Molecules*, 17, 9900-9911.

Liu, S. Q. (2003). Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International journal of food microbiology*, 83(2), 115-131.

Liu, S. Q., Holland, R., Crow, V. L. (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 14(11), 923-945.

Maguire, A., Rugg-Gunn, J., Wright, G. (2000). Adaptation of dental plaque to metabolise maltitol compared with other sweeteners. *Journal of Dentistry*, 28, 51-59.

Mahdian, E., Karazhian, R. (2013). Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(6), 1163-1174.

Marshall, R., T., Goff, H. D., Hartel, R., W. (2003). *Ice cream*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Malcolm, W., Kearsly, D. (2006). *Maltitol and maltitol syrups*. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

Mariaca, R. G., Berger, T. F. H., Gauch, R., Imhof, M. I., Jeangros, B., Bosset, J. O. (1997). Occurrence of volatile mono and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45, 4423-4434.

Marques, C., Tarek, R., Sara, M., Brar, S. K. (2017). *Sorbitol production from biomass and its global market*. UK: Elsevier.

Meilgaard, M., Civille, G. V., Carr, B. T. (1999). *Descriptive analysis techniques in sensory evaluation techniques*. Boca Raton: CRC Pres.

Merrill, L. A., Watt B. K. (1973). *Energy value of food*. Washington: D.C.

Mironczuk, A., M., Furgala, J., Rakicka, M., Rymowicz, W. (2014). Enhanced production of erythritol by *Yarrowia lipolytica* on glycerol in repeated batch cultures. *Journal Industrial Microbiology and Biotechnology*, 41, 57-64.

- Moriano, M. E., Alamprese, C. (2017). Honey, trehalose and erythritol as sucrose-alternative sweeteners for artisanal ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 329-334.
- Monedero, V., Martinez, G. P., Yebra, M. (2010). Perspectives of engineering lactic acid bacteria for biotechnological polyol production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86, 1003-1015.
- Muse, M., R., Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1-10.
- Nursten, H. E. (1997). The flavour of milk and dairy products: Milk of different kinds, milk powder, butter and cream. *International Journal Dairy Technology*, 50, 48-56.
- Oh, D-K., Cho, C-H., Lee, J-K., Kim, S-Y. (2001). Increased erythritol production in fed-batch cultures of *Torula* sp. by controlling glucose concentration. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 26, 248-252.
- Onoğur Altuğ, T., Elmacı, Y. 2011. *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. İzmir: Sidas medya Ltd. Şti. 2.
- Ozdemir, C., Arslaner, A., Ozdemir, S., Allahyari, M. (2015). The production of ice cream using stevia as a sweetener. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7545-7548.
- Öztürk, G. (2012). *Bazı sebze sularının bitkisel yağlı sütli buz üretiminde kullanımının reolojik, fizikokimyasal ve fonksiyonel yönden incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Papagianni, M. (2012). Metabolic engineering of lactic acid bacteria for the production of industrially important compounds. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 3(4), 1-8.
- Patır, B., Öksüztepe, G., İlhak, İ., Bozkurt, P. (2004). Elazığ'da tüketime sunulan kaymaklı (sade) dondurmaların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 20(1), 23-28.
- Pawliszyn, J. (2012). *Theory of solid phase microextraction*. USA: Elsevier Inc.
- Payne, A. N., Chassard, C., Lacroix, C. 2012. Gut microbial adaptation to dietary consumption of fructose, artificial sweeteners and sugar alcohols: implications for host-microbe interactions contributing to obesity. *The International Association for the Study of Obesity*, 13, 799-809.
- Pereda, J., Jaramillo, D. P., Quevedo, J. M., Ferragut, V., Guamis, B. Trujillo, A. J. (2008). Characterization of volatile compounds in ultra-high-pressure homogenized milk. *International Dairy Journal*, 18, 826-834.

- Pintor, A., Severiano-Pérez, P., Totosaus, A. (2014). Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology. *Food Science and Technology International*, 20(7), 489-500.
- Pintor-Jardines, A., Arjona-Román, J. L., Totosaus-Sánchez, A., Severiano-Pérez, P., González-González, L. R., Escalona-Buendía, H. B. (2018). The influence of agave fructans on thermal properties of low-fat, and low-fat and sugar ice cream. *LWT*, 93, 679-685.
- Prindiville, E. A., Marshall, R. T., Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2216-2223.
- Pon, S. Y., Lee, W. J., Chong, G. H. (2015). Textural and rheological properties of stevia ice cream. *International Food Research Journal*, 22(4), 1544.
- Qiu, J., Huang, M., Hang, H., Han, C., Ye, Q., & Zhang, S. (2001). Simultaneous quantitative analysis of sorbitol and sorbose in the fermentation broth with Fourier transform infrared spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 55(6), 794-798.
- Reineccius, G. (2006). *Flavor chemistry and flavor technology*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
- Roland, A. M., Phillips, L. G., Boor, K. J. (1999). Effects of fat content on the sensory properties, melting, color and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82, 32-38.
- Rossa, P. N., Burin, V. M., Bordignon-Luiz, M. T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 224-230.
- Sagdic, O., Ozturk, I., Cankurt, H., Tornuk, F. (2012). Interaction between some phenolic compounds and probiotic bacterium in functional ice cream production. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 2964-2971.
- Sandrou, D. K., Arvanitoyannis, I. S. (2000). Low-fat/calorie foods: current state and perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(5), 427-447.
- Sarioğlu, A. (2015). *Düşük kalorili dondurma üretiminde doğal tatlandırıcı olarak stevia ekstraktı kullanımının ürünün kalite kriterleri üzerine etkisi* (Doktora Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Schmidt, K. Lundy, A. Reynolds, J., Yee, L. N. (1993). Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. *Journal of Food Science*, 58, 761-763.
- Silveira, M. M., Jonas, R. (2002). The biotechnological production of sorbitol. *Applied Microbiol Biotechnol*, 59(4-5), 400-408.

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

Stowell, J. D., (2009). *Prebiotic potential of polydextrose*. United Kingdom: Springer Science and Business Media Limited Liability Company.

Şahin, Ö. (2017). *Düşük kalorili yoğurt dondurması üretim alternatifleri ve karakteristik özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Tiwari, A., Sharma, H. K., Kumar, N. Kaur, M. (2014). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 374-380.

Türkmen, İ. (2008). *Nar suyunda gerçeklik kontrol kriteri olarak sorbitol içeriği* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Üçüncü, M. (2010). *Süt ve mamülleri teknolojisi*. İzmir: Meta Basım ve Matbaacılık.

Vazquez-Landaverde, P. A., Velazquez, G., Torres, J. A., Qian, M. C. (2005). Quantitative determination of thermally derived off-flavor compounds in milk using solid-phase microextraction and gas chromatography. *Journal of Dairy Science* 88, 3764-3772.

Viallon, C., Martin, B., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Garel, J. P., Coulon, J. B. (2000). Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. *Le Lait* 80, 635-641.

Wheeler, M. L., Pi-Sunyer, F. X. (2008). Carbohydrate issues: Type and amount. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4), 34-39.

Whelan, A. P., Vega, C., Kerry, J. P., Goff, H. D. (2008). Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(9), 1520-1527.

Whelan, A. P., Regand, A., Vega, C., Kerry, J. P., Goff, H. D. (2008). Effect of trehalose on the glass transition and ice crystal growth in ice cream. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(3), 510-516.

Wolever, T. M. S., Piekarz, A., Hollands, M., Younker, K. 2002. Sugar alcohols and diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 26(4), 356-362.

Yaşar, K., Güzeler, N. (2009). Utilization of honey and pekmez in Kahramanmaraş ice cream production as a source of minerals. *Akademik Gıda*, 7(4), 24-27.

Yılmaz, E., Güneşer, O. (2004). Gıda bileşenlerinin lezzet maddeleriyle etkileşimi. *Gıda Teknolojisi*, 8(6), 85-88.

Yilsay, T. Ö., Yılmaz, L., Bayizit, A. A. (2006). The effect of using a whey protein replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222, 171-175.

Yücel, N., Çıtak, S. (2000). Dondurma örneklerinde bazı mikroorganizmaların varlığı üzerine bir araştırma. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergi*, 57(3), 165-170.



## EKLER

### Ek 1

#### DÜŞÜK KALORİLİ DONDURMA TÜKETİCİ TESTİ

Adı Soyadı

Yaş:

Tarih

- 1) Size verilen dondurma örneklerini aşağıda verilen sıraya göre **görünüş, kıvam ve tat-koku** yönünden değerlendiriniz
- 2) Ürünlerin sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak **1 ile 9** arasında bir numarayı daire içerisine alınız.
- 3) Ürünleri genel beğeni sırasına koyunuz. (**En çok beğenilen=1, En az beğenilen= 5**)

##### Ürün Kodu: 537

	Hiç Beğenmedim			Ne beğendim Ne beğenmedim				Çok Fazla Beğendim		Beğeni Sırası
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Tat-Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>

##### Ürün Kodu: 258

	Hiç Beğenmedim			Ne beğendim Ne beğenmedim				Çok Fazla Beğendim		Beğeni Sırası
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Tat-Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>

##### Ürün Kodu: 374

	Hiç Beğenmedim			Ne beğendim Ne beğenmedim				Çok Fazla Beğendim		Beğeni Sırası
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Tat-Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>

##### Ürün Kodu: 149

	Hiç Beğenmedim			Ne beğendim Ne beğenmedim				Çok Fazla Beğendim		Beğeni Sırası
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Tat-Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>

##### Ürün Kodu: 726

	Hiç Beğenmedim			Ne beğendim Ne beğenmedim				Çok Fazla Beğendim		Beğeni Sırası
Görünüş	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Kıvam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>
Tat-Koku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<input type="text"/>

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNAY, Ezgi  
Uyruğu : T.C.  
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.06.1990 Uşak  
Medeni Hali : Bekar  
e-mail : [ezgigunay@gmail.com](mailto:ezgigunay@gmail.com)

### Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü	Günümüz
Lisans	Uludağ Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Orhan Deniz Anadolu Lisesi/Uşak	2008

### İş Deneyimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
------------	------------	--------------

### Yayınlar

1. Güneşer, O., Günay E. 2017. İnek, Koyun ve Keçi Sütlerinin Karışımından Üretilen Yağsız Quark Peynirinin Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. 1. Ulusal Sütçülük Kongresi, 25-26 Mayıs 2017, Ankara-Türkiye.

2. Günay E., Güneşer, O. 2017. Kalorisi Azaltılmış Süt ve Süt Ürünlerinin Üretimindeki Yeni Gelişmeler. 1. Ulusal Sütçülük Kongresi, 25-26 Mayıs 2017, Ankara-Türkiye.

### Hobiler

Kitap okumak, belgesel izlemek, tenis oynamak, yürüyüş yapmak