

**MİKROENKAPSÜLE *L. acidophilus* İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN
DONDURMALARIN DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI FİZİKOKİMYASAL
TEKSTÜREL TERMAL VE MİKROYAPISAL ÖZELLİKLERİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet KILINÇ

Danışman

Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

Bu tez çalışması 18.FEN.BİL.32 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

MİKROENKAPSÜLE *L. acidophilus* İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN
DONDURMALARIN DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI
FİZİKOKİMYASAL TEKSTÜREL TERMAL VE MİKROYAPISAL
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Mehmet KILINÇ

Danışman

Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Mehmet KILINÇ tarafından hazırlanan "Mikroenkapsüle *L. Acidophilus* İlave Edilerek Üretilen Dondurmaların Depolanması Sırasında Bazı Fizikokimyasal, Tekstürel, Termal ve Mikroyapısal Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

Başkan : Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Zeki GÜRLER
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Durmuş SERT
Necmettin Erbakan Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

<p>Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır. Prof. Dr. İbrahim EROL Enstitü Müdürü</p>
--

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

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

beyan ederim.

07 / 07 / 2021



Mehmet KILINÇ

ÖZET

Doktora Tezi

MİKROENKAPSÜLE *L. acidophilus* İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN DONDURMALARIN DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI FİZİKOKİMYASAL TEKSTÜREL TERMAL VE MİKROYAPISAL ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Mehmet KILINÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

Son yıllarda mikroenkapsülasyon yeni bir teknoloji olarak araştırmacıların ilgisini çeken güncel araştırma konularından biridir. Mikroenkapsülasyon işleminde araştırmacıların yeni bir enkapsülasyon yöntemi ya da yeni bir kaplayıcı ajan üretme üzerine yoğunlaşmaktadırlar. Dünya’da süt ve süt ürünlerine fonksiyonel özellik kazandırılması yönünde yapılmış çalışmaların sayısı da oldukça fazladır. Bu ürünler içerisinde, besin değerinin oldukça yüksek olması ve bileşimi en kolay değiştirilebilen süt ürünlerinden biri olması sebebiyle dondurmanın da önemli bir yeri bulunmaktadır.

Bu çalışmada, liyofilizasyon tekniğiyle *L. acidophilus* farklı kaplama malzemeleriyle (yağlı süt tozu, yağsız süt tozu, sorbitol ve peynir altı suyu tozu) kaplanarak dondurma üretiminde kullanılmıştır. Üretilen dondurmalar depolanarak (-18 °C 90 gün) fizikokimyasal, tekstürel, termal ve mikroyapısal özellikleri takip edilmiştir. Liyofilizasyon sonrasında *L. acidophilus* en yüksek canlılık oranı % 92,75 ile yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. Dondurma miksinde, en yüksek firmness ve consistency değerleri yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde sırasıyla 41,96 g ve 58,65 g.s olarak ölçülmüştür. Sorbitol kullanılan numunelerde mikse ait viskozite indeksi değerlerinde önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir. İlk erime süresi ve tamamen erime süresi depolamanın sonunda en yüksek 25,18 dk. ve 87,35 dk. olarak yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. Sorbitol ilaveli örnekler en yüksek overrun değerine sahip bulunmuştur. Dondurma örneklerinin sertlik değerleri

yağsız süt tozu kaplamasıyla artmıştır. Dondurma örneklerinin *L. acidophilus* değerleri depolamanın başında yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde 10,05 log kob/g iken kontrol örneklerinde 5,04 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek *L. acidophilus* canlılık oranı yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Reolojik özelliklerinde G' (elastikiyet) modülünün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, G'' (viskoz) modülünün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde arttığı, G^* (kompleks) modülü ve viscosity değerlerinin sorbitol ile kaplanmış örneklerde azaldığı belirlenmiştir. Termal özelliklerde, entalpi değerlerinin peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde arttığı, kristallendirme değerlerinin kontrol örneklerinde azaldığı belirlenmiştir. Ergime değerlerinde yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde azalma belirlenmiştir. Sorbitol ile kaplanmış örneklerde Cryo-SEM görüntülerinde buz kristalleri ve hava kabarcıklarının dengeli bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde kırıklı bir görünüm, yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde hava kabarcıklarının dengeli bir dağılımı ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde ise daha sıkı bir yapı gözlemlenmiştir. Duyusal olarak, sorbitol ile kaplanmış örnekler renk, tat, tekstür, ağız hissiyatı ve genel kabuledilebilirlik parametreleri bakımından en yüksek beğeniyi kazanmıştır.

2021, xiii + 102 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dondurma, *L. acidophilus*, Mikroenkapsülasyon, Mikroyapı, Termal Özellikler.

ABSTRACT

Phd. Thesis

DETERMINATION OF CHANGES IN SOME PHYSIOCHEMICAL TEXTURAL THERMAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF ICE CREAM PRODUCED BY ADDING MICROENCAPSULATED *L. acidophilus* DURING STORAGE

Mehmet KILINÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Ramazan ŞEVİK

In recent years, microencapsulation is one of the current research topics that has attracted the attention of researchers as a new technology. In the microencapsulation process, researchers focus on producing a new encapsulation method or a new coating agent. The number of studies carried out to add functional properties to milk and dairy products in the world is also quite high. Among these products, ice cream also has an important place, as it has a very high nutritional value and is one of the dairy products whose composition can be easily changed.

In this study, *L. acidophilus* was used in the production of ice cream by coating with different coating materials (skimmed milk powder, skimmed milk powder, sorbitol and whey powder) by using lyophilization technique. The produced ice creams were stored (at -18 °C for 90 days) and their physicochemical, textural, thermal and microstructural properties were investigated. After lyophilization, the highest viability of *L. acidophilus* was determined as 92,75 % in the samples coated with whole milk powder. In the ice cream mix, the highest firmness and consistency values were measured as 41,96 g and 58,65 g.s, respectively, in the samples coated with skimmed milk powder. A significant decrease was observed in the viscosity index values of the mix in the samples using sorbitol. The first melting time and the complete melting time were the highest at the

end of the storage (25,18 min. and 87,35 min.) determined in the samples coated with skimmed milk powder. Sorbitol added samples were found to have the highest overrun value. The hardness values of the ice cream samples increased with skimmed milk powder coating. The *L. acidophilus* values of the ice cream samples were determined as 10,05 log cfu/g in the samples covered with whole milk powder at the beginning of the storage, while it was determined as 5,04 log cfu/g in the control samples. At the end of storage, the highest *L. acidophilus* viability was determined in the samples coated with whole milk powder. In their rheological properties, it was determined that the G' (elasticity) modulus increased in the samples coated with skimmed milk powder, the G'' (viscous) modulus increased in the samples coated with skimmed milk powder, and the G^* (complex) modulus and viscosity values decreased in the samples coated with sorbitol. In thermal properties, it was determined that the enthalpy values increased in the samples coated with whey powder, and the crystallization values decreased in the control samples. A decrease in the melting values was determined in samples coated with skimmed milk powder. The Cryo-SEM images of samples coated with sorbitol showed a balanced distribution of ice crystals and air bubbles. A fractured appearance was observed in the samples coated with whey powder, a balanced distribution of air bubbles in the samples coated with whole milk powder, and a tighter structure was observed in the samples coated with skimmed milk powder. Sensorially, the samples coated with sorbitol gained the highest appreciation in terms of color, taste, texture, mouthfeel and general acceptability parameters.

2021, xiii + 102 pages

Keywords: Ice cream, *L. acidophilus*, Microencapsulation, Microstructure, Thermal Properties.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasını 18.FEN.BİL.32 proje ile AKÜ-BAPK tarafından destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesine teşekkür ederim.

Bu araőtırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK ve her konuda öneri ve eleőtiriyle yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yol gösteren Doç. Dr. Durmuş SERT'e, istatistiksel analizlerde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. İsmet DOĞAN'a tez düzenlenmesi aşamasında destek olan Arő. Grv. Burak Enis KORKMAZ'a teşekkür ederim.

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

Mehmet KILINÇ
Afyonkarahisar 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Fonksiyonel Gıdalar.....	6
2.1.1 Probiyotikler.....	7
2.1.1.1 Laktik Asit Bakterileri.....	9
2.2 Mikroenkapsülasyon Teknolojisi.....	12
2.2.1 Dondurarak Kurutma	15
2.2.2 Kaplama Malzemeleri	16
2.2.2.1 Peynir Altı Suyu Tozu (PAST)	16
2.2.2.2 Sorbitol	17
2.2.2.3 Yağlı ve Yağsız Süt Tozu.....	18
2.3 Mikroenkapsülasyon ve Dondurmada Kullanımı Konusu ile İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar	19
3. MATERYAL ve METOT	24
3.1 Materyal	24
3.2 Metot.....	24
3.2.1 <i>L. acidophilus</i> Liyofilize Kültürlerinin Üretilmesi	24
3.2.1.1 Mikroorganizma İnokulumunun Hazırlanması	24
3.2.1.2 Koruyucu Ortamların Hazırlanması	25
3.2.1.3 Liyofilizasyon İşlemi.....	25
3.2.2 Dondurma Üretimi	25
3.2.3 Hammadde Analizleri	26

3.2.3.1 Kurumadde	26
3.2.3.2 Protein	26
3.2.3.3 Yağ	26
3.2.3.4 pH	27
3.2.3.5 Titrasyon Asitliği	27
3.2.4 Mikroenkapsüle <i>L. acidophilus</i> Analizleri	27
3.2.4.1 SEM Analizi	27
3.2.4.2 Mikroenkapsüle <i>L. acidophilus</i> Sayımı	27
3.2.5 Dondurma Miksinde Tekstür	28
3.2.6 Dondurmada Yapılan Analizler	28
3.2.6.1 Fizikokimyasal Analizler	28
3.2.6.2 <i>L. acidophilus</i> Sayımı	31
3.2.6.3 Duyusal Analiz	31
3.2.6.4 İstatistiksel Analiz	32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	33
4.1 Hammadde Sonuçları	33
4.2 Mikroenkapsüle <i>L. acidophilus</i> Sayım Sonuçları	33
4.3 Mikroenkapsüle <i>L. acidophilus</i> SEM Görüntüleri	38
4.4 Dondurma Miksinde Tekstürel Özellikler	43
4.5 Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri	43
4.5.1 Kurumadde	43
4.5.2 Protein	44
4.5.3 Titrasyon asitliği (% LA cinsinden)	45
4.5.4 pH	47
4.5.5 Renk Özellikleri	49
4.5.5.1 L* değeri	49
4.5.5.2 a* değeri	49
4.5.5.3 b* değeri	50
4.5.6 İlk Erime Süresi	51
4.5.7 Tamamen Erime Süresi	52
4.5.8 Hacim Artışı	53
4.5.9 Sertlik	54

4.5.10 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC).....	55
4.5.11 Reolojik Özellikler	57
4.6 Dondurmaların <i>L. acidophilus</i> Sayısı ve Canlılık Oranları	59
4.7 Dondurmaların SEM Görüntüleri	62
4.8 Duyusal Özellikler.....	68
4.8.1 Renk	70
4.8.2 Tat	71
4.8.3 Koku.....	72
4.8.4 Tekstür	73
4.8.5 Erimeye Direnç	73
4.8.6 Ağız Hissiyatı.....	74
4.8.7 Yabancı Tat	75
4.8.8 Genel Kabul Edilebilirlik.....	75
5. SONUÇ.....	77
6. KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızı yeşil
N	Newton
L*	Parlaklık
°C	Santigrad Derece
b*	Sarı Mavi
Pa	Paskal
Pa.s	Paskal.Saniye
µL	Mikrolitre
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
%	Yüzde

Kısaltmalar

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATCC	American Type Culture Collection
cm	Santimetre
dk	Dakika
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EMP	Emden-Meyerhof-Parnas
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerika Food and Drug Administration
FOS	Fruktooligosakkarit
GRAS	Generally Recognized as Safe
L.	Lactobacillus
LA	Laktik Asit
LAB	Laktik Asit Bakterisi
Lb.	Lactobacillus
log	Logaritmik
g	Gram
kob	Koloni Oluşturan Birim
ME	Mikroenkapsülasyon
mL	Mililitre
Pa	Pascal
PAST	Peynir Altı Suyu Tozu ile kaplanmış <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Sorbitol	Sorbitol ile Kaplanmış <i>Lactobacillus acidophilus</i>
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Yağlı ST	Yağlı Süt Tozu ile Kaplanmış <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Yağsız ST	Yağsız Süt Tozu ile Kaplanmış <i>Lactobacillus acidophilus</i>

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Dondurma Üretim Akım Şeması.....	26
Şekil 4.1 Dondurma örneklerine ait <i>L. acidophilus</i> sayısı	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Kaplama malzemelerinin özellikleri	24
Çizelge 4.1 Dondurma üretiminde kullanılan sütün bazı kimyasal özellikleri	33
Çizelge 4.2 Liyofilizasyon işlemi sonrası <i>L. acidophilus</i> sayıları ve canlılık oranları (logkob/g)	33
Çizelge 4.3 Dondurma miksinin tekstürel özellikleri.....	43
Çizelge 4.4 Dondurma örneklerine ait kurumadde ve protein miktarları.....	44
Çizelge 4.5 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler	46
Çizelge 4.6 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal analizlerin varyans analizi	48
Çizelge 4.7 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özelliklerin Tukey Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları	51
Çizelge 4.8 Dondurma örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait depolama süresinin etkisinin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	52
Çizelge 4.9 Dondurma örneklerine ait DSC değerleri	55
Çizelge 4.10 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin varyans analizi	56
Çizelge 4.11 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin malzemelerin etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları	56
Çizelge 4.12 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin depolama süresinin etkisinin bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	57
Çizelge 4.13 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri	57
Çizelge 4.14 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri varyans analizi.....	58
Çizelge 4.15 Dondurma örneklerine ait reometre değerlerinin malzeme etkileşimi üzerine Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları	58
Çizelge 4.16 Dondurma örneklerine ait reometre değerlerinin depolama süresinin etkisinin bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	59
Çizelge 4.17 Dondurma örneklerine ait <i>L. acidophilus</i> sayısı ve canlılık oranları	60
Çizelge 4.18 Dondurma örneklerine ait <i>L. acidophilus</i> sayısı varyans analizi	60
Çizelge 4.19 Dondurma örneklerine ait <i>L. acidophilus</i> sayısı üzerine malzemelerin etkisinin Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları	61
Çizelge 4.20 Dondurma örneklerine ait <i>L. acidophilus</i> sayısı üzerine depolama süresinin etkisinin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	61
Çizelge 4.21 Dondurma örneklerine ait duyuşal özellikler	69
Çizelge 4.22 Dondurma örneklerine ait duyuşal özelliklerin varyans analizi.....	71
Çizelge 4.23 Dondurma örneklerine ait duyuşal analizler üzerine malzemelerin etkisinin Tukey-Q çoklu karşılaştırma sonuçları.....	72

Çizelge 4.24 Dondurma örneklerine ait duyuşal özelliklerin depolama süresince etkileşiminin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları 73

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 4.1 Mikroenkapsüle <i>L. acidophilus</i> farklı boyutlardaki SEM görüntüleri.....	41
Resim 4.2 Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri.....	63

1. GİRİŞ

Dondurma, süt ve süt ürünlerinden (süt, süt tozu, koyulaştırılmış süt, krema vb.) tatlandırıcı, emülgatör, stabilizör, çeşitli aroma ve renk maddelerinden oluşan karışıma hava verilerek dondurucularda işlenmesiyle oluşturulan bir süt ürünüdür (Goff ve Hartel 2013, Soukoulis vd. 2014, İlter 2019, Türkmen 2019). Miksine yaş ve kuru meyveler, prebiyotik bileşenler, probiyotik mikroorganizmalar, tatlandırıcılar ve fonksiyonel diyet lifleri ihtiva eden, endüstriyel ve geleneksel olarak üretilen Őekilleri mevcut karmaşık fizikokimyasal yapıya sahip bir üründür (İlter 2019). Lezzet eşitliliği ve besleyiciliğinin fazla oluşu ve içeriğindeki aroma ve renk maddeleriyle dondurma tüketicilerin damak zevkine hitap eden bir gıda maddesidir. Hava kabarcıklarının çok kk olması, yağ globülleri içerisinde dağılan lezzetleri, buz kristalleri, kıvam arttırıcı olarak kullanılan kazein misellerini, tatlandırıcı ve aroma maddelerini içeren dondurma, insan duyu organlarının en yüksek derecede hoşlanabileceği bir süt ürünüdür (Akın 2009).

Son yıllarda, fonksiyonel gıdalara olan ilgi gıda ve sağlık arasındaki güçlü ilişki sebebiyle giderek artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar besleyici etkilerinin yanı sıra içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde birçok kronik hastalıktan korunmada ve hastalıkların tedavisinde etkilidir. Antioksidanlar, diyet lifler, Şeker alkoller, çoklu doymamış yağ asitleri, probiyotikler, glikozitler, oligosakkaritler, prebiyotikler, peptitler, kolinler, proteinler, isopreneoitler ve fitokimyasallar fonksiyonel gıdalardaki biyoaktif bileşenler olarak sayılabilir (Yaşlı 2010).

Probiyotik "yeterli sayıda alındığında sağlık yararları sağlayabilecek canlı mikroorganizma" olarak tanımlanmaktadır (Gibson vd. 2017, am 2020). Probiyotiklerin insan sağlığı üzerindeki faydaları; antimikrobiyal etki göstermesi, gastrointestinal enfeksiyonları kontrol etmesi, vücutta laktoz kullanımını arttırmak için β -galaktosidaz gibi önemli sindirim enzimlerinin üretimi, böbrek rahatsızlıklarını gidermesi, serum kolesterol seviyesini düşürmesi, bağışıklık sistemini düzenleyici, kolon kanserinin önlenmesi ve antimitajenik gibi bazı antikanserojenik aktiviteler göstermesi, antialerjik, vitamin üretimini arttırması, mineral ve iz elementlerden

yararlanımını arttırması, besin ögelerinin biyolojik değerini arttırması şeklinde sıralanabilir (Tuohy vd. 2003, Uymaz 2010, Çelikel vd. 2018).

Probiyotiklerin düzenli olarak tüketilmesi ve üründeki probiyotik mikroorganizma sayısının en az 10^6 - 10^7 kob/g seviyesinde olması, yeterli düzeydeki probiyotiğin canlı olarak bağırsak sistemine ulaşması ve orada kolonize olması istenen terapötik etkileri sağlar (Turgut ve Çakmakçı 2009, Çakmakçı vd. 2012, Şimşek 2016).

Yapılan çalışmalarda, ürünün raf ömrü süresince probiyotik bakterilerin canlılığını kaybettiğini göstermektedir (Krasaekoopt vd. 2003, Shori 2017). Gıdalardaki canlılıklarını probiyotik mikroorganizmaların bakteri suşuna veya türüne ait özellikler, inokülasyon oranı, ürünün asitlik derecesi, ortamda bulunan bakteri türleri arasındaki etkileşimler, depolama sıcaklığı, depolama boyunca üründeki asit üretimi, üründeki ambalajın oksijen geçirgenliği, oksijen düzeyi, diğer starter bakteriler tarafından üretilen antimikrobiyel maddeler ve üründeki besin yetersizliği sayılabilir (Delikanlı ve Özcan 2015, Çelikel vd. 2018).

Son yıllarda probiyotik üretiminde karşılaşılan bu güçlüklerin aşılmasında mikroenkapsülasyon tekniği gıda endüstrisinin kullandığı bir tekniktir. Probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonu, olumsuz çevre şartlarına karşı mikroorganizmanın etrafında fiziksel bir bariyer oluşturarak canlılığını korumasını ve çeşitli maddelerle koruyucu bir kaplama ya da film tabakası oluşturulmaktadır (Sultana vd. 2000, Poncelet 2009, İşleyen 2010).

Enkapsülasyon işlemi gıda endüstrisinde dış ortamla etkileşimi azaltarak biyoaktif bileşenlerin korunması, canlı hücrelerin ya da biyoaktif moleküllerin kontrollü salımı, istenmeyen lezzetin maskelenmesi, bir maddenin buharlaşması ve kaplanan maddenin daha kolay bir şekilde taşınması veya transfer hızını azaltmak amacıyla yapılmaktadır (Nedovic vd. 2011, Nedovic vd. 2013). Esansiyel yağlar gibi aromatik bileşenler; süt yağı, balık yağı, tereyağı gibi katı ve sıvı yağlar; antioksidanlar, mineral ve vitaminler ve renk maddeleri ve koruyucular gibi gıda katkı maddeleri; probiyotik bakteriler, enzimler ve doymamış yağ asitleri gibi biyoaktif bileşenler genellikle kapsüllerin öz

kısmını oluşturmaktadır. Modifiye nişasta, maltodekstrin, süt proteinleri, gam arabik, siklodekstrin, jelatin ve lipozomlar ise kaplama maddeleri olarak tercih edilmektedir (Jafari vd. 2008). Enkapsülasyon işleminde, dondurarak kurutma işleminin düşük sıcaklıklarda yapılması ve ortamda oksijenin bulunmaması, ürünü oksidasyon ve diğer kimyasal değişimlerin neden olduğu bozulmalardan korumaktadır (Anwar and Kunz 2011). Bu avantajları, dondurarak kurutma teknolojisini; probiyotikler, renk maddeleri ve çoklu doymamış yağ asitleri gibi son derece hassas bileşenlerin enkapsülasyonu için kullanılan bir yöntemdir (Kaushik vd. 2015, Laokuldilok ve Kanha 2015, zbek 2018).

Dondurma içerisinde yer alan yağ, süt proteini ve laktozdan dolayı probiyotik kültürler için iyi bir taşıyıcı olmaktadır. Bununla birlikte, ürünün 5,5 ile 6,5 gibi yüksek pH değerlerine sahip olması depolama sırasında laktik asit bakterilerinin hayatta kalmasını sağlarken, ürünün düşük asitlik göstermesi özellikle hafif ürünleri tercih edenler tarafından daha fazla kabul görmektedir. Dondurmalara eklenen probiyotik kültürler ürünün fonksiyonel özellik kazanmasını sağlar (Cruz vd. 2009, ağlar vd. 2008).

Probiyotik dondurma üretimi sırasında ürünün fonksiyonel özelliğini korumak için her işlem aşamasında probiyotik mikroorganizmaların canlılığının arttırmaya yönelik optimizasyonlar yapılmalıdır. Ürünün fonksiyonel özelliklerini garanti etmek için probiyotik bakterilerin canlı kalmasını arttırmayı sağlayan her işlem basamağının optimize edilmesi gerekir. Probiyotik mikroorganizmaların dondurma formülasyonunda kullanılması fizikokimyasal özelliklerinde, erime oranında ve duyuusal özelliklerinde önemli katkılar sağlamaktadır (Goff 2008, Akça 2019).

Bu çalışmada, dondurmaya fonksiyonel özellik kazandırma için dondurmanın bileşimine uygun bileşenlerle (yağlı süttozu, yağsız süttozu, peynir altı suyu tozu ve d-sorbitol) mikroenkapslasyon tekniği ile kaplanan *Lactobacillus acidophilus* ilave edilmiştir. Üretilen dondurmaların depolama süresince fizikokimyasal, tekstürel, termal, mikrobiyolojik ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Dondurma: süttozu, krema, tereyağı gibi süt mamülleri; şeker, su, kıvam arttırıcılar, çeşitli ekstraktlar gibi doğal katkı maddeleri; çeşidine göre meyve konsantresi ve püresi, çikolata ve çerez parçacıklarından oluşan bir gıdadır (Üçüncü 2018).

Toplumun hemen hemen her kesimi tarafından sevilerek tüketilen dondurma, sindirimini kolaylığı, besin değerinin yüksek olmasının yanı sıra hoş giden arıma ve tadıyla ferahlatıcı özelliğiyle tüketimi oldukça fazla olan bir süt ürünüdür (Turgut ve Çakmakçı 2003, Alibekiroğlu 2014, Sedefoğlu 2014).

Dondurmanın ana bileşeni süt olduğundan protein, kalsiyum ve enerji kaynağıdır. Ayrıca içerisinde esansiyel aminoasitlerin tamamını içeren biyolojik değeri yüksek olan bir süt ürünüdür (Kır 2007). Dondurma, hem kolay sindirilmesi hem de besin değerinin üstünlüğünün yanı sıra herkesçe sevilen tat, aroması ve ferahlatıcı bir özelliğe de sahiptir (Maden 2020).

Beslenme değeri yüksek, çok önemli besin maddeleri içeren bir üründür. Dondurmanın bir gıda maddesi olarak bileşimi; karbonhidratlar, yağlar, proteinler, mineral tuzları ve vitaminler olarak içeriğinde beş temel besin maddesi grubu vardır. Dondurmada karbonhidrat, yağ ve proteine ilaveten; A, D, E, K, B₁, B₂, B₆, B₁₂ ve C grubu vitaminleriyle, kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, demir, sodyum ve çinko gibi mineraller de bulunur. Dondurmada bulunan süt proteinlerinin biyolojik değeri tüm esansiyel aminoasitleri içerdiğinden dolayı oldukça yüksektir. Süte nazaran dondurma, yaklaşık % 12-16 oranında daha fazla protein ve 3-4 kat daha fazla yağ içerir. Süt yağı, diğer süt ürünlerinde olduğu gibi dondurma içinde yapı ve tekstür açısından oldukça önemlidir. Dondurma doymuş, esansiyel, doymamış yağ asitleri, yağda eriyen vitaminleri ve kolesterolü içermekte olup, bu maddeler dondurmanın lezzetine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır. Dondurmanın kendine özgü tadının oluşmasında ve ağızda, yağlılık hissini oluşturarak dondurmanın tekstüründe yağda çözünen lezzet maddeleri etkilerler (Lim vd. 2008, Akın 2009, Sarıoğlu 2015).

Fonksiyonel gıda üretiminin hız kazanmasına bağlı olarak süt ürünleri içinde bileşimi kolayca değiştirilen dondurmanında fonksiyonel özellikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Örneğin formülasyonuna dahil edilen probiyotik bakterilerle birlikte fonksiyonel gıda ürünleri grubuna yeni bir çeşitlilik kazandırmıştır (Turgut ve Çakmakçı 2009, Sağdıç vd. 2012, Şimşek 2016).

Fermente süt ürünleri her ne kadar probiyotiklerin insanlara taşınmasında uygun ortam sağlayabilen gıda maddeleri olarak bilinse de diğer gıdaların da probiyotik taşıyıcıları olarak potansiyelleri vardır. Probiyotik gıdalar arasında tüketiciler tarafından en çok tanınan ürün yoğurt olmakla birlikte soya sütü, mayonez, dondurma, et, bebek mamaları, meyve suları ve bitkisel içecekler gibi ürünlerin formülasyonlarında da probiyotik mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Granato vd. 2010). Dondurmanın probiyotik bakterilerin kullanımı için cazip hale gelmesinde yoğurt gibi düşük pH'ya sahip olmaması önemli bir etkidir. Dondurmanın, probiyotik bakterilerin canlılık oranlarının önemli ölçüde muhafaza ettiği ve bu sebeple de dondurma gibi soğuk tüketilen ve soğukta tutulan bir süt ürününün probiyotik bakterilerin vücuda canlı olarak alımı için uygun bir taşıyıcı olabileceğine işaret edilmektedir (Jurkiewicz vd. 2011). Ancak dondurma işleminin canlı bakteri sayısında 0,5-1 log birimlik kayba sebep olabileceği de belirtilmektedir. Ayrıca, depolama sırasındaki (6-12 aylık) sıcaklık dalgalanmalarının üründe buz kristallerinin oluşmasına neden olduğu ve bunun da bakteri hücrelerinin canlılıklarında azalmalar meydana gelmesine sebep olduğu belirtilmektedir (Davidson vd. 2000). Bununla birlikte dondurma miksinin karşılaştırılması esnasında uygulanan mekanik etkinin bakteri hücrelerinde hasara neden olabileceğine de değinilmektedir. Aynı şekilde dondurma üretimi sırasında dondurma karışımına istenen hacim artışı sağlamak için belli miktarda uygulanan havanın, üründeki oksijen düzeyini artırdığı ve bu sebeple anaerobik ve mikroaerofilik özellikteki probiyotik bakteriler için inhibe edici etki oluşturabileceği de bildirilmektedir (Şener 2009, Sedefoğlu 2014).

2.1 Fonksiyonel Gıdalar

Günümüzde, ekolojik dengenin bozulması Dünya nüfusunun artışıyla birlikte doğal kaynakları daha verimli kullanmalarını zorunlu hale getirmektedir. Son yıllarda, sağlık ve beslenme arasındaki ilişkiye yönelik çalışmaların artması, yaşam süresi ve kalitesinin artırılması isteği, kronik hastalıkların önlenmesi ve tedavi edilmesiyle hem bütünsel sağlığın korunması hem de bu alandaki maliyetlerin azaltılma çabası tüketicileri fonksiyonel bileşenler içeren gıdalara yönlendirmektedir. Fonksiyonel bileşenler, “vücudun temel besin maddelerine olan gereksinimi karşılamadan ziyade metabolik fonksiyonları ve insan fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler sağlayarak daha sağlıklı bir yaşama sağlamada ve hastalıklardan korunmada etkili olan gıda ya da biyoaktif gıda bileşenleri” olarak tanımlanmaktadır (Köroğlu vd. 2015, Martins vd. 2017, Butnariu ve Sarac 2019, Kandil 2019).

Fonksiyonel bir gıda oluşturmak için; biyoteknolojik ve teknolojik işlemlerle, içeriğinde bulunan bir ya da birden fazla bileşenin modifikasyonu, gıdaya dışarıdan bir bileşen eklenebilir, bir bileşeni gıdadan uzaklaştırılabilir ya da miktarı azaltılabilir, yapısındaki bileşenlerin biyoyararlılığı arttırılabilir ya da bu olasılıkların birkaçı veya tümü uygulanabilir (Tonguç 2006, Bakır 2015).

Fonksiyonel gıdalar, belirli miktarlarda diyeteye ilave edildiğinde sağlığa yararları bulunan, biyolojik olarak aktif bileşikler içeren doğal ya da işlenmiş gıdalardır. Fonksiyonel gıdalar modern çağın kronik hastalıklarının önlenmesi ve tedavisi için son derece önemlidir. Probiyotik suşları içeren gıda ürünleri fonksiyonel gıdalara örnektir (Neffe-Skocińska vd. 2018).

Son yıllarda, tüketicilerin bilinçlenmeleriyle birlikte beslenme anlayışlarında ve gıdalardan bekledikleri sağlık etkilerinde farklılıklara sebep olmuştur. Ayrıca insanların ilaç gibi tıbbi etkisi olan ürünlerden çok doğal ürünlere ve fonksiyonel gıdalara yönelmeleri ve sağlık konusuna daha fazla önem vermeye başlamalarıyla birlikte fonksiyonel gıda ürünlerine olan ilgi artmıştır. Bir gıdanın fonksiyonel olabilmesi için biyoaktif bileşikler, probiyotik mikroorganizmalar ve prebiyotik maddeler gibi etkenler

içermesi ve bu etkenlerin vücudun ilgili yerine yeterince gönderilebilmesi şarttır. Fonksiyonel gıdalar, insanın temel fizyolojisini, sinir, bağışıklık, solunum, dolaşım, hormon ve sindirim sistemlerini faydalı olarak etkileyerek kanser, osteoporoz, kalp damar rahatsızlıkları, kolesterol, yüksek tansiyon, ishal, ülser ve diyabet gibi hastalıkların oluşma risklerini azaltırlar (Erbaş 2006, Açu 2014).

Günümüzde, gıdalar besin içerikleri ve lezzetinin yanı sıra, fonksiyonel yararlar sağlayıp sağlamadıklarına göre de değerlendirilmektedir. Son yıllarda fonksiyonel gıdalara olan ilgi ve bu konuda yapılan çalışmalar, sağlıklı gıda tüketimi bilincinin gelişmesi sonucu ortaya çıkan tüketici talebinin sürekli artmasıyla birlikte hız kazanmıştır. Fonksiyonel gıda üretiminde, probiyotik mikroorganizmalar sağlık üzerine birçok olumlu etkilere sahip olmalarından dolayı kullanılmakta ve bu mikroorganizmaları içeren gıda formülasyonları üzerinde dikkatle durulmaktadır (Akın vd. 2009). Günümüzde, prebiyotik ve probiyotikler, oligosakkaritler, peptitler ve proteinler, şeker alkolleri, diyet lifler, antioksidanlar, kolinler, glikozitler ve isoprenoidler, fitokimyasallar ve çoklu doymamış yağ asitlerini gibi birçok fonksiyonel bileşen içeren fonksiyonel gıda bulunmaktadır (Turgut 2006, Daşnik 2014).

Fonksiyonel süt ürünleri üzerine yapılan çalışmalar, fonksiyonel gıda ürünleri içerisinde, önemli bir yere sahiptir. Süt ve süt ürünlerinin, hem hemen hemen her bireyin günlük diyetinde yer alması hem de sağlık üzerindeki etkilerinden dolayı, sebebiyle fonksiyonel gıda olarak kullanımı oldukça uygun olmaktadır. Fonksiyonel dondurma da, sağlık açısından yararlarının ilaveten, her yaştan bireyin severek tükettiği bir ürün olması, bileşiminin kolaylıkla değiştirilebilmesi ve fonksiyonel süt ürünleri içerisinde önemli bir yer teşkil etmekte ve dondurmanın fonksiyonel hale getirilmesi üzerine yapılan araştırmaların artmasını sağlamıştır (Türkmen ve Gürsoy 2017).

2.1.1 Probiyotikler

Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliği'ne göre probiyotik bakteri; besinlerle alınan ve belirli miktarlarda alındığında bağırsak florasını dengeleyip konakçının sağlığını olumlu yönde

etkileyen canlı mikroorganizmaları, probiyotik gıda; içerisinde raf ömrü sonuna kadar miktarda canlı probiyotik mikroorganizma ($1,0 \times 10^6$ kob/g) bulunduran ve bu canlılığı muhafaza eden ürünü ifade etmektedir (Anonim 2006, Şimşek 2016).

Probiyotik mikroorganizmalar, yeterli miktarda alındığında vücutta sindirim sisteminde yer alarak sağlık üzerine olumlu etkilerde bulunan canlı mikrobiyal gıda katkısı olarak tanımlanır (FAO/WHO 2001). Bu durumda probiyotik mikroorganizmaların tüketileceği zamana kadar sayısının gıda işleme sırasında canlılığın ve metabolik aktivitesinin devam etmesi gereklidir (Saxelin vd. 2003). Son yıllarda probiyotik bakteri içeren fonksiyonel gıdaların süt ve süt ürünlerine eklenerek vücuda olan sağlığı destekleyici özelliklerinin iyileştirilmesi alanında yapılan çalışmalar hız kazanmıştır (Gürsoy vd. 2005).

İnsan sağlığına yararlı olan probiyotik mikroorganizmaların vücuda alınması; gıdalara yararlı bakterilerin canlı hücrelerinin katılmasıyla, fonksiyonel süt ürünleriyle ya da probiyotik bakterilerden elde edilen canlı hücreler kullanılarak hazırlanan farmakolojik ürünler şeklinde hazırlanan kapsüllerle gerçekleştirilmektedir. Avrupa'da probiyotik etkinin insanlara sadece fermente süt ürünleriyle ulaştırılması tercih edilmektedir (Turgut 2006, Sanz 2007).

Dünyada en yaygın kullanılan probiyotik bakteriler; *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. bulgaricus*, *L. salivarius*, *L.gasseri*, *L. curvatus*, *L. johnsonii*, *L. rhamnosus*, *L. fermentum*, *L. reuteri*, *L. vaginalis*, *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. curvatus*, *L. cellobiosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. breve*, *B. adolescentis*, *B. thermophilum*, *B. pseudocatenulatum*, *B. animalis*, *B. angulatum* ve *B. infantis*, *S. lactis*, *S. thermophilus*, *S. cremoris*, *S. diacetylactis*, *S. intermedius*, *Saccharomyces boulardii*, *Enterococcus faecium*, *Aspergillus niger* suşlarıdır (Zeren 2015, Akça 2019).

Fonksiyonel gıdalara son yıllarda ilginin artmasıyla beraber süt ve süt ürünleri, şekerlemeler, enerji içecekleri, bebek mamaları ve tahıl ürünleri gibi birçok alanda fonksiyonel ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Bu gıdaların fayda ve etkinlikleri;

probiyotikler, sinbiyotikler ve prebiyotikler, kolesterol düşürücüler, vitamin ve minerallerle güçlendirme, bitki kaynaklı olan fitokimyasallar, antioksidanlar olarak içeriklerine göre farklı yollarla görülmektedir (Dayısoylu vd. 2014, Buran 2020).

Probiyotik mikroorganizmalar fonksiyonel süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yoğurt, peynir, kefir, tereyağı ve dondurma bu ürünlerin başında yer alır (Dervişoğlu 1995, Küçükçetin vd. 2009). Ayrıca dondurmanın probiyotik taşıyıcı olarak görülmesi de dondurmanın fonksiyonel gıdalar pazarındaki yerini arttırmaktadır (Özer vd. 2012, Acar 2019).

2.1.1.1 Laktik Asit Bakterileri

Laktik asit bakterileri (LAB) içerisinde en büyük ve en çeşitli cins olan *Lactobacillus* cinsinin insan ve hayvanların gastro intestinal ve ürogenital sistemlerinde kolonize olan 200'den fazla türü bulunmaktadır. Ayrıca, çeşitli meyve ve sebzeler ile doğal olarak fermente olmuş ürünlerde bulunmaktadırlar. Bu mikroorganizmalar yoğun olarak fermantasyon starter kültürleri ve probiyotik olarak kullanımı uzun bir geçmişe sahip olduğundan ABD Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) tarafından GRAS (genellikle güvenli olarak tanınan) olarak tanınmalarına ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından Nitelikli Güvenilirlik Varsayımı (QPS-Qualified Presumption Of Safety) listesinde yer almalarına sebep olmuştur. LAB morfolojileri, glikoz fermantasyon yetenekleri, fermantasyon sonucu oluşturdukları laktik asit konfigürasyonları, farklı sıcaklıklarda gelişme özellikleri ve farklı karbonhidratları fermente edebilme özelliklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. LAB, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Alloiococcus*, *Aerococcus*, *Dolosigranulum*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Enterococcus*, *Vagococcus*, *Tetragenococcus* ve *Weissella* cinslerini içermektedir (Sun vd. 2015, EFSA 2016, Aryana ve Olson 2017, Hill vd. 2018).

Lactobacillus süt anlamına gelen “lacto” ve şekil itibari çubuk anlamına gelen “bacillus” kelimerinden türetilmiştir. *Lactobacillus* cinsleri gram pozitif, kısa, uzun, ince çubuk veya kokobasil şeklinde, mikroaerofilik veya fakültatif anaerobik, sitokrom

içermeyen, spor oluşturmeyen, katalaz negatif, aside toleranslı, Guanin+Sitozin (G+C) oranı % 50 mol'den az olan bakterilerdir. Gelişme sıcaklıkları 2-53 °C, pH'ları ise 3-8 arasında değişmekte, optimum pH değerleri 5,5-6,2, optimum gelişme sıcaklıkları 30-40°C aralığındadır. Karbonhidrat fermantasyonunun son ürünü olarak en fazla laktik asit üretmektedirler. *Lactobacillus* cinsi içerisinde yer alan *Lb. fermentum*, *Lb. plantarum*, *Lb. casei* ve *Lb. rhamnosus* bağırsaktan; *Lb. antri*, *Lb. gastricus*, *Lb. kalixensis*, *Lb. reuteri* ve *Lb. ultunensis* mide mukozasından, *Lb. crispatus*, *Lb. gasseri*, *Lb. jensenii*, *Lb. vaginalis* ve *Lb. iners* vajinadan izole edilmişlerdir. *Lb. acidophilus* insan ve hayvanların gastrointestinal sisteminde ve ağız boşluğunda doğal olarak yer alan bir türdür (Goldstein vd. 2015, Huang vd. 2018).

Lactobacillus türlerinin sağlık üzerine birçok olumlu etkisi olmakla birlikte özellikle gastrointestinal sistem enfeksiyonlarına yol açan dört patojenin (*Helicobacter pylori*, *Campylobacter coli*, *Campylobacter jejuni* ve *Clostridium difficile*) üremesini sınırlandırdığı saptanmıştır (Kawai vd. 2016, Mishra vd. 2016, Kandil 2019).

Lactobacillus acidophilus

Sütle beslenen bebeklerin feçeslerinden izole edilen *Lb. acidophilus*, ilk zamanlar intestinal laktobasilleri simgelemek için "*Bacillus acidophilus*", daha sonra ise Orla-Jensen (1919) tarafından "*Thermobacterium intestinale*" olarak adlandırılmıştır. Asitte yaşayan anlamında olarak *Lb. acidophilus* adı ise Hansen ve Mocquot (1970) tarafından önerilmiş olup halen kullanılmaktadır.

Lb. acidophilus, yaklaşık 2-10 µm boyutunda, çubuk morfolojisine sahip gram pozitif bir mikroorganizmadır. A grubunda sınıflandırılan bir homofermentatif anaerobik mikroorganizma olduğundan heksozları fermente etmek için glikoliz ya da EMP yolu kullanmakta olup D ile L-laktik asitleri, asetik asit ve H₂O₂ üretmektedir. Fruktoz, laktoz, galaktoz, amigdalin, sellobiyoz, glikoz, maltoz ve stakiyozu fermente ederek laktik asit oluşturabilmektedir. *Lactobacillus* türleri arasında oksijen toleransı en az olanıdır. Optimum gelişme sıcaklığı 37-42 °C arasında olmakla birlikte 45 °C'de de gelişebilmektedir. Bu tür, pH 5,5-6,0 gibi hafif asitli ortamlarda en yüksek gelişme

oranına ulaşmakta ve gelişme pH 4,0'un altında azalmaktadır. DNA'daki G+C oranı % 36,7'dir. B₆ vitamini, riboflavin, nikotinamid, nikotinat, biyotin ve folat gibi çoklu kofaktör ve vitaminleri sentezleyememektedir (Bull vd. 2013, Anjum vd. 2014). *Lb. acidophilus* fermente süt ürünleri ile vajinal ve intestinal mikrobiyota da doğal olarak bulunmakta ve gastro intestinal sistemdeki stabilitesi ve adhezyon yeteneği gibi özellikleri suşa bağlı olarak değişmektedir (Zaheer vd. 2010, Mansri 2020).

L. acidophilus probiyotik bakteri olarak gıda formülasyonlarında oldukça yaygın olarak kullanılan *Lactobacillus* türlerinden bir tanesidir. *L. acidophilus*, karbonhidrat metabolizmaları sonucunda başlıca son ürün olarak laktik asit oluşturan, çoğunlukla zorunlu homofermentatif bir bakteridir. Ancak birkaç fakültatif heterofermentatif suşları vardır. İnsan ve hayvanların doğal gastrointestinal sistem içerisinde, insan ağız florası ve vajinada ve kefir gibi bazı geleneksel fermente süt ürünlerinde yaygın olarak bulunur. Karbon ve enerji kaynağı olarak karbohidratlar dışında nükleotidleri, amino asitleri ve vitaminleri de kullanırlar. Düşük peptid ve amino asit içeriğinden dolayı, soya sütü ya da süt içerisinde yavaş gelişim gösterirler. Ayrıca, birçok *L. acidophilus* suşunun düşük pH sebebiyle fermente süt içinde gelişimleri iyi değildir (Donkor 2007, Sedefoğlu 2014).

Lactobacillus türlerinden biri olan *L.acidophilus* gıda formülasyonlarında oldukça yaygın kullanılan bir probiyotik bakteridir. *L.acidophilus*'un birçok suşu fruktoz, sellobiyoz, galaktoz, laktoz, glukoz, salisin, maltoz, sukroz, mannoz, rafinoz, trehaloz ve eskulini fermente edebilmektedir (Yılmaz, 2006, Şener 2009, Bakır 2015).

Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri

Probiyotiklerin insan sağlığı üzerine olumlu etkisine dair yapılan bilimsel çalışmalarda, antimikrobiyal aktivite, gastrointestinal enfeksiyonlar, serum kolesterolünde azalma, laktoz metabolizmasında düzelme, bağışıklık sistemini stimüle etme, antikanserojenik, antimutajenik, inflamatuvar bağırsak hastalığında iyileşme (ülseratif kolit ve crohn hastalığı), antidiyaretik özellikler, alerjik rahatsızlıklar, *Helicobacter pylori* bakterisinin eliminasyonu, obezite, tip 2 diyabet, insülin direnci sendromu, bağırsak

mikrobiyotasını patojenlere karşı koruma, alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı, idrar yolları iltihabı, bebek ishalleri, osteoporoz, hiperkolesterolemi gibi birçok hastalığı önleyici veya tedavi edici özellikleri kanıtlanmıştır. Probiyotikler, etkilerini ortaya koymak için her zaman bağırsak sisteminde kolonize olmamaktadırlar. *Bifidobacterium longum* gibi bazı probiyotikler insan intestinal mikrobiyotasının bir parçası olurken, *Lactobacillus casei* mevcut mikrobiyotayı yeniden şekillendirerek ya da etkileyerek etkisini dolaylı olarak geçici bir şekilde göstermektedir (Amil-Dias vd. 2017, Markowiak ve Slizewska 2017, George Kerry vd. 2018, Wan vd. 2018, Galdeano vd. 2019, Kandil 2019).

2.2 Mikroenkapsülasyon Teknolojisi

Mikroenkapsülasyon, gıdaların içerisinde bulunan değerli biyoaktif bileşenlerin (0.2-5,000 µm boyutunda), etrafının organik bir materyal ile kaplanarak ürünlerin etkilerini ve raf ömürlerini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Koç vd. 2010, Şahin 2019). Beslenme sadece hayatın devamı, enerji sağlama ya da büyümeyi destekleme gibi ihtiyaçlara değil aynı zamanda hastalıkları engelleme, fiziksel ve mental sağlığa katkıda bulunma gibi ihtiyaçlara da yanıt vermelidir. Bundan dolayı fonksiyonel gıdalar öne çıkmakta (Ye vd. 2018) ve tüketicilerin istekleri son ürüne fonksiyonel bileşenlerin ilave edilmesini gerektirmektedir. Fonksiyonel bileşenler son ürünün aroma, renk ve tekstüründe iyileştirme, raf ömrünü arttırmak amacıyla koruyucu olarak da kullanılabilir. Çevresel faktörlere ve proses koşullarına karşı hassas olan bu bileşenler için mikroenkapsülasyon teknolojisiyle çekirdek aktif bileşenlerin kaplama materyali kullanılarak hapsedilmesi işlemidir (Paulo ve Santos 2017).

Mikroenkapsülasyon, gıda endüstrisinde çok yaygın kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca bu yöntem aktif bileşeni proses ve depolama süresince korumasının yanı sıra, aktif bileşenin gıda matriksinde bulunan diğer bileşenlerle istenmeyen etkileşimlere girmesini de önler (Paulo ve Santos 2017). Mikrokapsüllerin yapısı; tek çekirdekli kaplama, çok çekirdekli kaplama ve çekirdek materyalinin küçük damlalar halinde kaplama materyalinin içerisine dağılması ile oluşan matriks tip kaplama olarak sınıflandırılabilir.

Çekirdek materyalin aktif ve kullanışlı olabilmesi için molekül yapısı (molekül ağırlığı ve elektrik yükü), fiziksel özellikleri (kaynama ve erime noktası), biyolojik yapısı (antimikrobiyel aktivitesi ve biyoaktivite), çözünürlük ve yüzey aktivitesi, optik özellikleri ve kimyasal stabilitesi (oksidasyon ve hidroliz) gibi birçok faktörün göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan kaplama materyalinin biyo uyumlu, biyo çözünür, toksik olmayan ve düşük maliyetli olması gerekir (Ye vd. 2018, Özdemir 2019).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi, gıdanın dış etkenlere karşı korunması (sıcaklık, nem, ışık ve hava gibi); fiziksel özelliklerinin daha iyi korunması; buharlaşarak kaybolmasının önlenmesi; doğru yerde ve doğru zamanda çalışmasının sağlanması; maddenin kaplanmasıyla taşınmasının kolaylaştırılması; başka bileşenlerle reaksiyona girmesinin önlenmesi; kaplanacak maddenin koku ve tadının maskelenmesi; az miktarlarda kullanımı istendiğinde seyreltilebilmesi ve seyreltmenin homojen bir halde sağlanması şeklinde sıralanabilir (Koç vd. 2010, Güngör 2013).

Mikroenkapsülasyon; gıda bileşenlerinin katı, sıvı ya da gaz halindeki enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin, karbonhidrat ya da protein esaslı minyatür kapsüller içerisinde tutulması işlemidir. Bu yöntemde, hücreler kaplama maddesi ya da kapsül olarak adlandırılan yarı geçirgen membran içerisinde, 0,45 µm'den daha küçük gözenekleri olan 5-300 µm çapındaki kaplama maddesinin içerisinde tutulur. İlk aşama, ME işlemindeki uygun kaplama maddesinin seçilmesidir. Kaplama maddeleri, gamlar, doğal ve modifiye polisakkaritler, şekerler, proteinler, sentetik polimerler ya da yağlardır (Dubey vd. 2009, Ünal ve Erginkaya 2010). Gıda sanayinde mikroenkapsülasyon 60 yılı aşkın bir süredir kullanılmakta ve gıda uygulaması üzerindeki araştırmaları uzun yıllardır devam etmesine rağmen sanayi ölçekli üretim ve tüketimi, tüketici bilincinin artmasına ve gelişen teknolojiye bağlı olarak hız kazanmıştır (Altun ve Özcan 2013).

Birçok üründe, işleme, depolama ve satış aşamalarında, probiyotik mikroorganizmaların stabilite ve canlılığının korunması, önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Probiyotik gıdalarda kullanılan mikroorganizmalarda, üretimi kısıtlayan en önemli

nokta ürünün raf ömrü boyunca canlılıklarını koruyabilme özelliklerini koruyamamasıdır. Mikroenkapsülasyon (ME) tekniğinin, son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda probiyotiklerin teknolojik özelliklerinin artırılmasında kullanılan yeni yöntemlerden biri olduğu bildirilmiştir (Ünal ve Erginkaya 2010).

Probiyotiklerin mikroenkapsülasyonu; gıdaların mekanik olarak (öğütme gibi) işlenmesi ve sindirimi sürecinde mide suyuna maruz kalması gibi zorlu koşullarda probiyotiklerin mikrokapsüllerden kontrollü salınımı sağlayarak canlılıklarının korunmasını sağlar (Chen ve Mustapha 2012). Ayrıca, dondurma, dondurarak kurutma, bakteri hücrelerini bakteriyofaj saldırısına karşı koruması vb. gibi işlemlere karşı hücrenin korunmasını ve depolama aşamasında yüksek stabilite sağlamasıdır (Kabak ve Var 2005). Nişasta, jelatin, kappa-karreganan, pektin, aljinat, peyniraltı suyu, gellan gum gibi aktif mikroorganizma çevresinde koruyucu bir film ya da kaplama tabakası olarak gıdaların bileşiminde güvenle kullanılabilen maddeler, kullanılmaktadır (Çakır 2006, Uran vd. 2017).

Probiyotiklerin konakçıda yararlı etkilerini sağlayabilmesi için, mide ortamının sert asidik koşullarından geçerek, kalın bağırsağa yeterli sayıda ulaşabilmesi ve çoğalıp gelişmesi gerekmektedir (Shori 2017).

Probiyotik içeren ürünlerin tüketiciler tarafından tercihi, perakende mağazalarında bulunan çeşitli probiyotik ürünlerin genişlemesine katkıda bulunmuştur. Gıdalardaki probiyotik organizmaların canlılığını koruması probiyotik gıdalar için elzemdir ve probiyotikler yüksek safra tuzları (% 0,3) ve düşük (pH 2,0, pH 3,0) gibi gastrointestinal sisteme benzer koşulları tolere edebilmelidir (Muthukumarasamy vd. 2006, Saber vd. 2019). Probiyotiklerin mikrokapsülasyonunun amacı, probiyotikleri gastrointestinal geçiş sırasında karşılaştığı düşük pH'nın, safra tuzlarının probiyotikler üzerindeki olumsuz etkilerine karşı korumaktır (Muthukumarasamy vd. 2006). Bir mikrokapsül, yarı geçirgen veya geçirgen olmayan, küresel, ince ve güçlü, çap büyüklüğü birkaç mikron ve 1 mm arasında değişen büyüklüklerde, katı ve sıvı bir dolguyla çevrelenmiş bir membrandan oluşmaktadır. Kapsülleme malzemeleri genellikle gıda uygulamalarında kullanılacak güvenli maddeler olarak kabul edilmektedir. Aljinat,

kitosan, karboksimetil selüloz, ksantan gum, nişasta, karragenan, jelatin ve pektin gibi gıda sınıfı polimerler farklı mikrokapsülasyon tekniklerinde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Buna ek olarak, kazein ve peynir altı suyu proteini gibi süt proteinlerinin de mikrokapsülasyonda kullanımında artan bir eğilim vardır (Çakır vd. 2010, İşleyen ve Çakır 2016, Shori 2017, İşleyen 2020).

2.2.1 Dondurarak Kurutma

Gıdaların raf ömrünün artırılması için önemli bir yöntem olan dondurarak kurutma, ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda, ortamda havanın bulunmaması kimyasal reaksiyonları ya da oksidasyonu engellediği için ürünün bozulmasını engelleyerek kurutma sağlamaktadır. Dondurarak kurutma, sprey kurutma yönteminde kullanılan yüksek sıcaklık sonucu; tekstür, yapı, aroma ve görünümde oluşan bozulma ve değişimlere bağlı ürün zararını minimuma indirebilir (Anwar ve Kunz 2011).

Dondurarak kurutma, kompleks biyoteknolojik ya da farmakolojik ürünler, gıda ürünlerine ek olarak; mikrobiyoloji uygulamaları, çiçekçilik, kozmetik, kimyasallar ve pigmentler, medikal araçlar, seramik tozları ve enzimleri gibi ısıya hassas olan ve biyolojik ürünlerin korunması için kullanılan en önemli proseslerden birisidir. Çeşitli biyolojik ürünlerin uzun süre korunmasını dondurarak kurutma yönteminin popülerliğidir. Günümüzde farmasötikler ve gıdaların büyük bir çoğunluğunun liyofilizasyon yöntemiyle üretilebilmesi, hücre vb. canlı sistemlerin uzun süre korunması gibi uygulamalarda önemli bir tekniktir (Özdemir 2013).

Isıya hassas materyallerin mikrokapsülasyonunda, dondurarak kurutma yöntemi, kullanılan bir yöntemdir. Proses düşük sıcaklıkta ve düşük basınç gerçekleştiğinden uçucu bileşenlerin büyük oranda korunabildiği düşünülmektedir (Gökmen vd. 2012, Çetin 2014).

Liyofilizasyon tekniği, probiyotik bakterilerin stabilitesini arttırdığı, mikroorganizmalara zarar vermediği ve yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Turgut ve Çakmakçı 2003). Laktobasillerin dondurularak kurutulması sırasında

kriyoprotektanların eklenmesi, kurutma sırasında inaktivasyonun ve depolama sırasında stabilizasyonun üstesinden gelmeye yardımcı olmak için kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada, dondurularak kurutulmuş *Lactobacillus bulgaricus* hücrelerin fruktoz, laktoz veya mannoz varlığında büyütüldüğü veya kurutma ortamına glikoz, fruktoz, monosodyum glutamat veya sorbitol eklendiğinde -20°C'de 10 ay boyunca saklama sırasında daha iyi hayatta kaldığını belirtmişlerdir (Anal ve Singh 2007).

2.2.2 Kaplama Malzemeleri

2.2.2.1 Peynir Altı Suyu Tozu (PAST)

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peyniraltı suyu; pıhtı kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan yeşilimsi sarı renkte sıvı yan ürün olarak tanımlanmaktadır (Evren vd. 2011, İnt.Kyn.2). Birçok sağlık problemine karşı peyniraltı suyunda bulunan bileşiklerin, özellikle peyniraltı suyu proteinlerinin faydalı olduğu bildirilmiştir. Bu sağlık problemleri; yüksek tansiyon, kolit, astım, bazı kanser tipleri, kas zayıflığı, bağışıklık sistemi zayıflığı, yaraların iyileşmemesi, hepatit ve kron hastalığı, kan şekeri seviyesi olarak sıralanabilmektedir (İnt.Kyn.3).

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peyniraltı suyu tozu; pıhtıdan ayrılan peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilen ve son ürünlerdeki nem içeriğinin ağırlıkça en fazla % 5 oranında olduğu toz ürün olarak tanımlanmaktadır (İnt.Kyn.2), Yıldırım ve Güzeller 2015).

Peynir altı suyu tozu gıda sanayinde; gıdalarda besin değerinde artış göstermesi, peynir özelliklerine ve düşük oranda nem içeriğine sahip kuru ürün elde etme, kuru gıda karışımlarında peynir tadının oluşturulması, kullanıma hazır halde olması, taşıma ve depolama kolaylığı, depolama süresi uzun olan ürünlerin karışımlarında kullanılabilmesi, mikrobiyolojik yönden dayanıklı bir ürün elde edilmesi, farklı gıda üretimlerine kolayca uyum sağlaması gibi özellikleri sağlar (Küçüköner 2011). Peyniraltı suyu tozu genellikle bebek maması, bisküvi, yem katkı maddesi olarak, dondurma üretiminde, çikolata, işlenmiş et ürünlerinde, hazır çorbalarda, hamur

işlerinde ve ekmek yapımında kullanılır (İnt.Kyn.1). Kurumadde standardizasyonu için yoğurt, dondurma ve bazı peynirlerde yararlanılabilmektedir (Esen 2017).

Yüksek kalitede ve biyolojik olarak aktif serum proteinleri, mineral ve karbonhidratların güçlü kaynağı, vücudun esansiyel amino asitlerini karşılayacak amino asit profiline sahip olan peyniraltı suyu tozu çok yönlü besinsel ve fonksiyonel özelliklere sahiptir (Akal 2011, Esen 2017).

Beta-laktoglobulin, laktoferrin, alfa-laktalbumin, immunoglobulinler, glikomakropeptid, sığır serum albümini, laktoperoksidaz gibi proteinlerden ve küçük peptidlerden oluşur. Bu durum PAS'ın süt proteinleri bakımından oldukça zengin olduğunu göstermektedir. Bu zengin içerik; bu protein ve peptidlerin antikarsinojenik, antimikrobiyal, antihipertansif, antioksidan, immün uyarıcı ve opioid etkilerine dikkat çekmektedir (Kitss vd. 2003, Shadidi vd. 2008, Nongonierma vd. 2015, Özer 2015).

Peynir altı suyu, protein yapısı sayesinde iyi bir enkapsülasyon malzemesi olarak düşünülmektedir. Kapsüllemeye diğer kaplamalara alternatif olarak protein bazlı bir yöntem gösterilebilir (Champagne vd. 2006). Ayrıca yoğurda farklı oranlarda peynir altı suyu tozu eklenmesinin kültürlerin ve probiyotik bakterilerin canlılığını arttırdığı bulunmuştur (Akalın vd. 2007, Ummadi and Curic-Bawden, 2008, Doherty vd. 2010, 2011, Rodrigues vd. 2011, Doherty vd. 2012, Değirmenci 2017).

2.2.2.2 Sorbitol

Glukozdan kimyasal olarak ekstrakte edilmiş düşük kalorili bir tatlandırıcı olan sorbitol, şekerden % 30 daha az kaloriye sahip, % 60 tatlılığına denktir. Sorbitol doğada, kayısı, armut, elma, şeftali, kuru üzüm ve kuru erik gibi kuru ve taze meyvelerde bulunur. Şekersiz ve düşük kalorili yiyeceklerde, diş macunu ve diğer ağız sağlığı ürünlerinde sakızlarda şeker alternatif olarak bulunabilir. Ayrıca, çikolata, şekerleme, unlu mamuller gıdaların nemli kalmasına yardımcı olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır. Diyetetik yiyecek ve içecekler, şekerlemeler, unlu mamüller, rendelenmiş hindistan

cevizi, sakız gibi ürünlerde kullanılan kıvam verici ve doğal bir tatlandırıcıdır (Akbulut 2019).

Sorbitol, mono ve disakkaritlere göre kalori ve glisemik indeks değerlerinin daha düşük olması sebebiyle diyet ve diyabetik gıdalarda diğer tatlandırıcılarla birlikte istenilen tatlılık ve aromayı sağlamada yardımcı olarak kullanılmaktadır. Sorbitol tatlılık vermesine ilaveten, gıdalarda stabilizatör, nem çekici, kıvam ve hacim arttırıcı olarak da kullanılmaktadır (Grembecka 2015). Düşük glisemik indekse sahip olması sebebiyle sorbitol, vücut ağırlığının düzenlenmesi ve kilo kaybına yardımcı olması bakımından diğer şekerlerin yerine gıdalarda değerlendirilmektedir (Deis ve Kearsley 2012). Ayrıca diyabet hastaları için, kanda glikoz seviyesini arttırmadığından ve metabolik sindirimi için çok az düzeyde insüline gereksinim bulunduğundan önemli bir tatlandırıcı kaynağıdır (Ghosh ve Sudha 2012, Mutlu ve Erbaş 2020).

2.2.2.3 Yağlı ve Yağsız Süt Tozu

Süt tozu, süt suyunun buharlaştırılıp yoğunlaştırılmasıyla oluşan kuru maddenin toz hâline getirilmesiyle elde edilen besin değeri yüksek ve dayanıklı bir süt ürünüdür. Süt tozu, çikolata, dondurma, bebek maması, çözünür kahve, bisküvi, unlu mamüller ve süt ve süt ürünleri üretiminde sütün kuru madde standardizasyonunu ayarlamak için de kullanılmaktadır (Anonim 2005, Uçal 2020).

Sütün, süt tozuna dönüştürülmesi, sütün taşınması ve daha sonraki kullanımlar için uygun bir biçimde muhafaza edilmesine olanak sağlamaktadır. Sütün kurutulması, başlangıçta sütteki besin maddelerini koruduğu için ihtiyaç fazlası sütleri değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde süt tozu, sulandırılarak tüketicilerin taze süte benzeyen sıvı bir süt ürünü elde etmesini sağlamıştır. Sıvı süt ürünlerinin toza dönüşümü, diğer süt yan ürünlerinin etkili kullanımının da önünü açmıştır. (Augustin ve Margetts 2003). Süt tozu mikrobiyolojik olarak stabil bir üründür. Bununla birlikte, süt tozu sulandırıldıktan sonra, pastörize sütüne benzer şekilde mikrobiyal gelişmeye ve bozulmaya karşı hassas hale gelmektedir. Süt tozu kullanımdan önce nemden korunursa, mevcut mikroorganizmaların sayısı depolama sırasında genellikle azalır,

ancak spor sayısı sabit kalabilir. Süt tozu mikroorganizmaların büyümesini desteklemese de, mikrobiyolojik içerik tozun sonraki kullanımında önemli bir husustur (Augustin vd. 2003).

Yağsız süt tozu, rekombine süt ürünlerinin imalatında süt proteinlerini sağlamak için kullanılan en yaygın bileşendir. Yağlı süt tozu, hem yağsız kuru madde hem de süt yağı için bir kaynak olarak kullanılabilen, ancak yağ fazındaki duysal bozulmaya yol açan oksidatif değişiklikler, uygulama alanlarını sınırlandırmaktadır (Kneifel 2003).

Yağsız süt tozu üretiminde, süt önce santrifüjlü seperatör ile yağsız süt ve kremaya ayrılır. Yağsız sütün yağ içeriği < % 0.1 olmalıdır. Yağı alınan süte bir ön ısıtma işlemi uygulandıktan sonra bünyesindeki suyun bir kısmı evapore edilerek konsantre haline getirilir. Daha sonra homojenize edilen süt konsantresi genellikle sprey kurutularak yağsız süt tozu elde edilir (Augustin ve Margetts 2003, Üçok 2020).

2.3 Mikroenkapsülasyon ve Dondurmada Kullanımı Konusu ile İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Pandiyan vd. (2012) *L. acidophilus* ve *S. boulardii* sinbiyotik dondurma üzerine yaptıkları çalışmalarında, Probiyotik olarak *Lactobacillus acidophilus* ve *Saccharomyces boulardii*'yi ve prebiyotik olarak frukto-oligosakkaritleri (FOS) kullanarak ve peynir altı suyu protein konsantresi ile zenginleştirilmiş ve dondurmanın depolanması sırasında probiyotiklerin yaşayabilirliği üzerindeki etkisi üzerinde yaptıkları çalışmada, FOS içeren dondurmanın, insan gastrointestinal sisteminde mikrobiyotanın genel gelişimi ve korunması için *L. acidophilus* ve *S. boulardii*'yi vermek için iyi bir ortam olduğunu tespit etmişlerdir.

Shoji vd. (2013) *L. acidophilus* mikrokapsüllerinin canlılığı ve manda yoğurduna uygulanmasıyla ilgili yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus acidophilus*, kompleks koaservasyon ve ardından liyofilizasyon ile manda yoğurduna uygulanmak üzere mikrokapsülenmiştir. Mikrokapsüllü kültürlerle hazırlanan yoğurtlar, serbest kültür

ilavesiyle hazırlanan ürüne kıyasla asitleştirme sonrası için daha düşük değerler ve daha yüksek stabilite oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Ranadheera vd. (2015) keçi sütüne *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12 ve *Propionibacterium jensenii* 702 ilave edilerek püskürterek kurulması ile ilgili yaptıkları çalışmada, püskürterek kurutma ile bakterilerin canlılık seviyesinin önemli ölçüde azaldığını ancak 10^6 - 10^8 kob/gr seviyesinde kaldığını tespit etmişlerdir.

Arslan vd. (2016) *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356'nın canlılığı üzerine üç farklı yöntem kullanılarak dondurmaya ilave edilmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada, dondurma üç yöntem kullanılarak üretilmiştir: yöntem 1, dondurma karışımı, dondurulmadan önce *L. acidophilus* ile fermente edilmiş; yöntem 2, süt (dondurma karışımının hazırlanmasında kullanılan toplam sütün % 10'u) alınmış ve ardından *L. acidophilus* ile fermente edilmiştir; fermente süt, donmadan önce kalan dondurma karışımı; ve yöntem 3, *L. acidophilus*, dondurma karışımına ilave edildi ve karışım, dondurulmadan önce *L. acidophilus* ile fermente edilmemiştir. 90 günlük depolamadan sonra geçerli sayımlar, yalnızca yöntem 1 ve 2 kullanılarak üretilen numunelerde hedef seviyeden ($> 10^6$ kob/gr) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

De Araújo Etchepare vd. (2016) sodyum aljinatla kapsüllenmiş *L. acidophilus*'un canlı kalması üzerine dirençli nişasta ve kitosanın etkisi ile ilgili yaptıkları çalışmada, dirençli nişasta ve kitosanın kaplama malzemesine ilave edilmesi nemli ve dondurularak kurutulmuş mikropartiküllerin depolanması sırasında olduğu gibi hem gastrointestinal direnç testlerinde mikrokapsüllenmiş mikroorganizmaların hayatta kalmasını olumlu etkilediğini tespit etmişlerdir.

Ergin vd. (2016) dondurma üretiminde soğuk ve ısıya uyarlanmış *Lactobacillus acidophilus* uygulamasıyla ilgili yaptıkları çalışmada, 4 °C'de 18 saat 45 °C 15 dakika sıcaklık zaman kombinasyonları adaptasyon koşullarında tutulan *L. acidophilus* ile dondurma üretilmiştir. Adaptasyon koşulları numunelerde *L. acidophilus*'un stabilitesini çok küçükte olsa iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Gomez-Masaraque vd. (2016) mikro hidrojeller içinde peynir altı suyu proteini hidrolizatının mikrokapsüllemesi: gastrointestinal stabilite ve fonksiyonel yoğurt gelişimi potansiyeli üzerindeki etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, potansiyel olarak biyoaktif peynir altı suyu proteini hidrolizatı içeren jelatin ve kitosan mikro-hidrojel, püskürtmeli kurutma yoluyla geliştirilmiş ve mikrokapsüllemenin sindirim sırasında koruma ve yoğurt üretimi sırasında laktik asit fermantasyonuna karşı peptit stabilitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Kitosan mikropartikülleri içindeki kapsülleme, sindirilmiş hidrolizatın peptit profilini önemli ölçüde etkilemediği ve bu nedenle peptit biyolojik erişilebilirliğinin tehlikeye atılması beklenmediğini bildirmişlerdir.

Songtummin ve Leenanon (2016) *L. acidophilus* ve *L. casei*'nin probiyotik dondurma üretiminde canlı kalma sayılarıyla ilgili yaptıkları çalışmalarında; Unipectine™ RS 150 ve sodyum aljinatla kaplanmış bakteriler dondurma üretiminde kullanılmış olup, -20 °C 8 haftalık depolamada kriyoprotektan ajanla kaplanmış olan bakterilerin canlı kalma sayılarının kontrole göre fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Eckert vd. (2017) *L. plantarum*'un kaplama malzemesi olarak peynir altı suyu kullanımı ve püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada, peynir altı suyu, permeat ve peynir altı suyu retantı kullanılarak kaplanan bakterinin püskürterek kurutulmasında bu kaplama malzemelerinin etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Parussolo vd. (2017) *L. acidophilus* ve yacon (*Smallanthus sonchifolius*) unu içeren sinbiyotik dondurma üzerine yaptıkları çalışmalarında, 150 günlük depolama sürecinde yacon unu ilaveli probiyotik dondurmaların bakteri sayılarının korunduğunu bildirmişlerdir.

Goral vd. (2018) yaptıkları çalışmada; probiyotik dondurma üretimi için bir taşıyıcı olarak magnezyumla zenginleştirilmiş laktik asit bakterileri ile ilgili *Lactobacillus rhamnosus* B 442, *Lactobacillus rhamnosus* 1937 ve *Lactococcus lactis* JBB 500 darbeli elektrik alan kullanılarak magnezyum iyonu ile zenginleştirilmiştir. Üretilen

dondurmaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmezken, içinde magnezyumla zenginleştirilmiş bakterilerin canlılığı elde edilen dondurma, kontrol numunelerine kıyasla daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Mu vd. (2018) *L. acidophilus*'un konjak glikomannan jel ile mikrokapsülenmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada, konjak glikomannan jelin koruyucu ajan olarak kullanılacağını belirtmişlerdir.

Sarabandi vd. (2018) yaptıkları kazein hidrolizatlarının mikrokapsülenmesi: fizikokimyasal, antioksidan ve mikro yapı özellikleri ile ilgili çalışmada; maltodekstrin ile kaplanmış ve püskürterek kurutulmuş hidrolizatların kapsülleme sonucu higroskopikliğin önemli ölçüde azaldığını ve duyuşal değerlendirmede acılığının azaldığını bildirmişlerdir.

Silva vd. (2018) *L. acidophilus*'un canlılığının artırılması için simbiyotik mikroenkapsülasyon ile ilgili çalışmada, bakterinin aljinat-jelatin ve aljinat-jelatin-fruktooligosakkarit kaplama malzemesiyle kapsülendirilerek gastrointestinal sistemde ve yoğurtta daha fazla canlı kaldığını tespit etmişlerdir.

Zanjani vd. (2018) *Lactobacillus casei* ve *Bifidobacterium adolescentis*'in, dondurmada farklı nişastalar ve kitosan ve poli L-lizin kaplamalarıyla mikrokapsülleme yoluyla sağkalımını artırmak için yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus casei* ATCC 39392 ve *Bifidobacterium adolescentis* ATCC 15703'ün mikrokapsülenmesi, kitosan ve poli L-lizin kaplamalarla birlikte kalsiyum aljinat, buğday, pirinç ve yüksekamiloz mısır (Hylon VII) nişastaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Probiyotiklerin hayatta kalmasının mikrokapsülleme ile arttığını bildirmişlerdir.

Afzaal vd. (2019) dondurmada ve simüle gastrointestinal koşullarda kapsüllemenin probiyotik bakterilerin stabilitesi üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, dondurmada ve simüle edilmiş gastrointestinal (GIT) koşullar altında probiyotik bakterilerin (*L. acidophilus*) canlılığı üzerindeki iki kapsülleyici polisakkaridin (sodyum aljinat ve karragenan) etkisi araştırılmıştır. Kapsüllemenin, serbest hücrelere

(kapsüllenmemiş) kıyasla dondurmada probiyotiklerin hücre sağkalımını önemli ölçüde ($p<0,05$) iyileştirdiğini göstermiştir. Sonuç olarak, kapsüllenmiş probiyotiklerin dahil edilmesi, dondurmanın kalite parametreleri ve duyusal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Sengsaengthong ve Oonsivilai (2019) dondurmanın fizikokimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine manyok pulpundan izole edilen *Lactobacillus* türlerinin mikroenkapsülasyonunun etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında emülsiyon tekniği kullanarak maltodekstrin ve jelatin ile kaplanmış. 180 günlük depolama boyunca bakterilerin canlılığını koruduğunu ve duyusal özellikleri üzerinde önemli bir etki görülmediğini belirtmişlerdir.

Afzaal vd. (2020) Serbest ve kapsüllenmiş probiyotik bakterilerin simüle edilmiş gastrointestinal koşullar altında ve dondurmada canlı kalması ve stabilitesi üzerine yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus casei*, iki farklı hidrokolloid, kalsiyum aljinat ve peynir altı suyu protein konsantresi ile kapsülleyici kullanılarak kapsüllenmiştir. Mikroenkapsülasyonunun 80 günlük depolama boyunca bakterinin canlı kalma sayısını serbest hücrelere göre daha iyi canlı kalmasını sağladığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Araştırmada kullanılan inek sütü, şeker, kaymak, salep, emülgatör Afyonkarahisar piyasasından temin edilmiştir. Yağsız süttozu Ova Süt Ürünleri (Konya) A.Ş'den, kaplamada kullanılan yağlı süttozu, yağsız süttozu, peynir altı suyu tozu Enka Süt Ürünleri (Konya) A.Ş'den temin edilmiştir. Ayrıca kaplamada kullanılan sorbitol (Sigma Aldrich, % 98 saflıkta) ve kullanılan *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 saf kültür halinde temin edilmiştir. Kullanılan kaplama malzemelerinin özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kaplama malzemelerinin özellikleri.

	Yağlı ST	Yağsız ST	PAST
Yağ (%)	27,5	0,5	0,5
Protein (6,38) (%)	25,80	34,5	6,5
Kül (%)	6,38	8,30	-
pH	6,73	6,63	6,30
Laktoz (%)	82,0	-	-

3.2 Metot

3.2.1 *L. acidophilus* Liyofilize Kültürlerinin Üretilmesi

3.2.1.1 Mikroorganizma İnokulumunun Hazırlanması

İnokulum hazırlığı için, 0,1 µL dondurulmuş *L. acidophilus* ATCC 4356 kültüründen, 10 mL MRS sıvı besiyerine eklenerek statik şartlar altında 20 saat süreyle 37°C'de inkübe edilmiştir. Aktifleştirilen kültürler daha sonra 1000 mL MRS sıvı besiyerine alt kültürlenerek 20 saat boyunca aynı koşullar altında inkübe edilmiştir. Hücreler, 4°C'de 15 dk süreyle 3,000 g de santrifüjlenerek, süpernatant atılmış ve hücreler steril salin solüsyonu ile iki kez yıkanmıştır (Üçok 2020).

3.2.1.2 Koruyucu Ortamların Hazırlanması

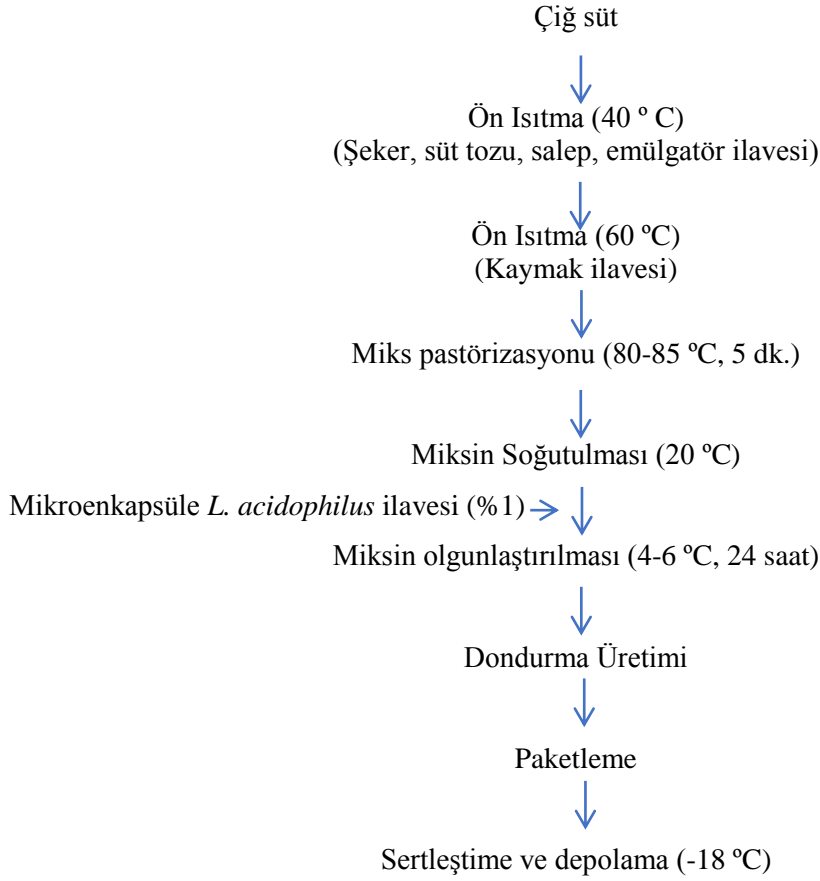
Yağlı ve yağsız süt tozu ilk olarak, manyetik bir karıştırıcıyla oda sıcaklığında yarım saat boyunca yağsız süt ortamında rehidre edilmiştir. Karışım sıcaklığı kademeli olarak 60 °C'ye yükseltilerek çözünmesini sağlamak amacıyla için 1,5 saat daha karıştırılmıştır. PAST ve d-sorbitol ise, % 9 (a/h) oranında yağsız süt ortamına ilavesi doğrudan yapılarak, manyetik karıştırıcı ile 15 dk. karıştırılarak hazırlanmıştır. Tüm nihai karışımlar sterilizasyon için 90 °C'ye ısıtılarak 30 dk. tutulmuş ve ardından oda sıcaklığına soğutulmuştur (Üçok 2020).

3.2.1.3 Liyofilizasyon İşlemi

Aktifleştirilen ve MRS sıvı besiyerine alt kültürlenerek çoğaltılan *L. acidophilus* hücrelerinin santrifüjlenerek ayrılması ve steril salin solüsyonu ile iki kez yıkanmasının ardından elde edilen biyokütle, hazırlanan koruyucu ortamlara doğrudan ilave edilip, karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 1 saat bekletilen kültürler, -80 °C'de 24 saat boyunca dondurulduktan sonra 48 saat süreyle vakum altında liyofilize (Operon, FDB-5503, Kore) edilmiştir. Liyofilize edilen kültürler, bir numune öğütücüsünde 1 dk süreyle öğütülerek, toz haline getirilmiştir ve dondurma üretimine kadar -18 °C'de ışıktan geçirmeyen vakumlu paketler içerisinde depolanmıştır (Üçok 2020).

3.2.2 Dondurma Üretimi

Dondurma üretim akım şeması Şekil 3.1'de verilmiştir. Çiğ süt, 40°C'ye kadar ısıtılmış daha sonra içerisine % 5,71 süt tozu, % 17,86 şeker, 0,5 salep ve % 0,21 emülgatör eklenmiştir. Miksin sıcaklığı sürekli ve etkin bir karıştırma işlemiyle 60 °C'ye getirilmiş ve bu sıcaklıkta % 4,29 kaymak ilave edilmiştir. Daha sonra 85 °C' de 5 dk tutularak pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Soğutma işlemi için sürekli karıştırarak önce 20°C'ye soğutulmuş ve % 1 oranında mikroenkapsüle *L. acidophilus* ilave edilmiştir. Ardından buzdolabına konularak (4±1°C) 24 saat olgunlaştırılmıştır. Olgunlaştırılan miks dondurma makinesinde (Telme CRM, Gel 25 C, İtalya) dondurmaya dönüştürülmüş ve derin dondurucuda (Uğur, Türkiye) (-18°C) muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1 Dondurma Üretim Akım Şeması (Kılınç ve Şevik 2021).

3.2.3 Hammadde Analizleri

3.2.3.1 Kurumadde

Çiğ sütün toplam kurumadde içerikleri gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir (AOAC 1990).

3.2.3.2 Protein

Toplam azotlu madde kjeldahl yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. % protein değeri süt ürünleri için 6,38 faktörü kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC 1990).

3.2.3.3 Yağ

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

3.2.3.4 pH

pH değerleri, Ohaus ST 3100F model pH metre kullanılarak ST 270 cam probu ile ölçülmüştür.

3.2.3.5 Titrasyon Asitliği

Alkali titrasyon yöntemi ile saptanmış ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (Metin 2016).

3.2.4 Mikroenkapsüle *L. acidophilus* Analizleri

3.2.4.1 SEM Analizi

Farklı türlerde hazırlanmış örnekler herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan FEI marka QUANTA FEG 250 model Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ile incelenmiştir. Elektron mikroskobuyla görüntüleme geniş alan düşük vakum ikincil elektron dedektörü (LFD-low vacuum dedector) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen örnekler yaklaşık 1,0 cm çapındaki özel örnek tutucular üzerine karbon iletken çift taraflı bantlar ile yapıştırılarak hazırlanmış ve görüntüleme oda koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada örnekler uygun ivmelenme potansiyellerinde incelenmiş ve maksimum çözünürlüğün yakalandığı çalışma koşullarında görüntülenmiştir.

3.2.4.2 Mikroenkapsüle *L. acidophilus* Sayımı

25 g toz örneği, 225 mL steril MRD (Maximum Recovery Diluent) (Merck, 146809, Almanya) ile homojenize edilerek 10^{-1} – 10^{-7} oranlarında dilüsyonlar hazırlanmıştır. Tüm dilüsyonlardan 50 µg/L sikloheksimit (CAS 66-81-9, Sigma-Aldrich, Almanya) içeren MRS agar (Merck, 110660, Almanya) üzerine yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekimi yapılan petri kutuları, vakum ambalaja alınarak içerisindeki oksijenin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Anaerobik koşullarda 30°C’de 3 gün inkübe edildikten

sonra koloni sayımı gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar koloni oluşturan birim (kob)/g olarak verilmiştir (Üçok 2020).

3.2.5 Dondurma Miksinde Tekstür

Dondurma miksinin TA.XT Plus Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) ile firmness, consistency, cohesiveness ve index of viscosity back extrusion rig donanımı kullanılarak belirlenmiştir (Sert vd. 2017).

3.2.6 Dondurmada Yapılan Analizler

3.2.6.1 Fizikokimyasal Analizler

a) Kurumadde

Dondurma örneklerindeki kurumadde tayini 3.2.3.1 nolu başlıktaki metoda göre yapılmıştır.

b) Protein

Dondurma örneklerindeki protein tayini 3.2.3.2 nolu başlıktaki metoda göre yapılmıştır.

c) pH

Dondurma örneklerindeki pH tayini 3.2.3.4 nolu başlıktaki metoda göre yapılmıştır.

d) Titrasyon Asitliği

9 g dondurma örneği üzerine 9 mL oda sıcaklığındaki distile saf su ve fenolftalein indikatörü (% 1'lik) ilave edilmiştir. Örnekler 0,1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk oluşuncaya kadar titre etme işlemine devam edilmiştir ve sonuç aşağıdaki formülle % laktik asit olarak hesaplanmıştır (Kurt 1993).

$$\% LA = \frac{N \times 0,09 \times V}{m} \times 100 \quad (3.1)$$

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

m: Örneğin ağırlığı (g)

N: Fenolftaleinin normalitesi

e) İlk Erime Süresi

10 g dondurma örneği darası alınmış kaplar üzerindeki tel süzgece konularak 20 °C'de erimeye bırakılmıştır. Dondurmaların erimeye başladığı ve ilk damlaların düştüğü süre tespit edilmiştir (Cotrell vd. 1979).

f) Tamamen Erime Süresi

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

g) Hacim Artışı

Darası belirlenmiş ölçülü silindir içerisine belirli hacme kadar dondurma, boşluk olmayacak şekilde doldurulmuş ve tartılmıştır. Aynı dondurma numunesi bir beher içerisine koyularak su banyosunda erimesi sağlanmıştır. Eriyen karışım, temizlenmiş ölçülü silindire aynı hacme kadar aktarılıp tekrar tartılmıştır (Jimenez-Florez vd. 1993). Hacim artış oranları aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\text{Hacim artışı oranı (\%)} = \frac{(\text{Dondurmanın hacmi} - \text{Erimiş dondurmanın hacmi})}{\text{Erimiş dondurmanın hacmi}} \times 100 \quad (3.2)$$

h) Renk Analizi

Renk değerleri, renk tayin cihazı (CR-400; Minolta Co., Osaka, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonundan sonra L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık değerleri) okunmuştur (Kavaz Yüksel vd. 2017).

i) Sertlik Ölçümü

Örneklerin sertlik ölçümleri, Stabel Micro Systems marka TA.Xt Plus model tekstür analiz cihazı ve 5 mm çaplı silindirik paslanmaz çelik prob (Stable Micro Systems, Part Code: P/5) ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler ölçüm öncesi, -15°C 'de 24 saat süre boyunca bekletilmişlerdir. Bekleme süresi sonunda her örnek için üç ayrı kaptan 3'er adet ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin ortalaması hesaplanmıştır (Akalin vd. 2008).

j) Reolojik Özellikler

Örnekler osilasyon (titreşim) testlerinde, örnekler sinusoidal bir osilasyon gerilimine veya deformasyonuna tabi tutulmuşlar ve bu şekilde elastikiyet modülü (G') ve vizkozite modülü (G'') değerleri belirli frekans değerlerine karşı belirlenmiştir. Sinusoidal gerilimine karşı örneklerin verdiği toplam reaksiyon kompleks modülü (G^*) ve kompleks vizkozite (η^*) denklemleriyle karakterize edilmiştir (Yılmaz 2014).

$$G^* = [(G')^2 + (G'')^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

$$\eta^* = G^*/\omega \quad (3.4)$$

k) Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

Üretilen dondurma örneklerinin termal özellikleri olan kristalizasyon derecesi ve erime entalpisi değerleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılarak belirlenmiştir. Dondurmalarda, DSC analizleri Soukoulis vd. (2009)'daki metoda göre yapılmıştır.

1) Cryo-SEM Analizi

Farklı türlerde hazırlanmış dondurma örnekleri herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan FEI marka QUANTA FEG 250 model Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ile incelenmiştir. Elektron mikroskobu ile inceleme sulu, ıslak ve kurduğunda gerçek şekil ve formu bozulan örneklerde çalışma imkânı sunan ESEM™ (Environmental Scanning Electron Microscopy) çalışma modunda WetSTEM II dedektörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen örnekler önceden “peltier cooling stage” yardımı ile -5 °C soğutulmuş, yaklaşık 0,5 mm çapındaki özel örnek tutucular üzerine dökülerek hazırlanmış ve görüntüleme bu sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Bu sistemin en büyük avantajı örneklerin orijinal formlarını bozmadan (kurutma benzeri ön işleme tabi tutmadan) sistemin basınç değerleri ile oynayarak maksimum çözünürlükte örneğin gerçek görüntüsüne en yakın SEM mikrogramları vermesidir. Bu çalışmada örnekler tam anlamıyla kurutulmadan kendi orijinal formlarını bozmadan chamber basıncı 300-450 Pascal olacak şekilde uygun ivmelenme potansiyellerinde incelenmiş ve maksimum çözünürlüğün yakalandığı çalışma koşullarında görüntülenmiştir.

3.2.6.2 *L. acidophilus* Sayımı

Dondurma örneklerinde *L. acidophilus* sayımı 3.2.4.2. nolu başlıktaki metoda göre yapılmıştır.

3.2.6.3 Duyusal Analiz

Dondurma örneklerinde yapılan duyusal analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları, lisansüstü ve lisans öğrencilerinden oluşan 8 kişilik panelist ekibi (ürün ve duyusal analiz yöntemleri konusunda eğitilen) tarafından yapılmıştır. Duyusal değerlendirme kriterleri renk, tat, koku, tekstür, erimeye direnç, ağız hissiyatı, yabancı tat ve genel kabuledilebilirlik olarak 1-9 arası puanlama kullanılarak yapılmıştır.

3.2.6.4 İstatistiksel Analiz

Araştırmada tanımlayıcı istatistik olarak nicel veriler için aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Nicel verilerin değerlendirilmesinde k grup karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Tekrarlı ölçümlerin söz konusu olduğu değişkenlerin değerlendirilmesinde ise verilerin normal dağılıma sahip olması durumunda Tekrarlı Ölçüm Düzenlerinde Varyans Analizinden yararlanılmıştır. k örneklem testleri sonucunda H_1 hipotezinin kabul edildiği durumlarda farklılığı yaratan grup ya da grupların belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Anlamlılık seviyesi $p=0,05$ olarak dikkate alınmış, verilerin değerlendirilmesinde SPSS 20,0 paket programından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Hammadde Sonuçları

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

Çizelge 4.1 Dondurma üretiminde kullanılan sütün bazı kimyasal özellikleri

Kurumadde (%)	pH	Yağ (%)	Protein (%)	Titrasyon asitliği (% Laktik asit)
12,12±0,64	6,42±0,11	3,5±0,21	3,05±0,04	0,20±0,02

Dondurma üretiminde kullanılan inek sütünün kurumaddesi % 12,12, pH 6,42, yağ % 3,5 protein % 3,05 ve titrasyon asitliği de % 0,20 LA cinsinden olduğu tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinin üretiminde kullanılan inek sütünün değerleri, Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2019/12)’ne uygun olduğu yapılan analizlerle tespit edilmiştir (İnt.Kyn.4).

4.2 Mikroenkapsüle *L. acidophilus* Sayım Sonuçları

Farklı kriyojenik maddelerle muamele edilen *L. acidophilus* kültürlerinde dondurma öncesi, liyofilizasyon sonrası kültürel sayımlar gerçekleştirilerek canlı hücre sayıları belirlenmiştir. Liyofilizasyon işlemi öncesinde ve sonrasındaki canlılık oranları hesaplanarak liyofilizasyon işleminin yarattığı canlılık kayıpları ve kriyoprotektif amaçlı kullanılan materyallerin etkinlikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Liyofilizasyon işlemi sonrası *L. acidophilus* sayıları ve canlılık oranları (logkob/g)

Kaplama ajanı	log kob/g	Canlılık oranları (%)
PAS	10,28±0,06 d	85,67
Sorbitol	10,78±0,07 b	89,83
Yağlı ST	11,13±0,11 a	92,75
Yağsız ST	10,64±0,06 c	88,67

Aynı sütündeki farklı harfler veriler arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir (p<0,05).

Bakterilerin dondurarak kurutma aşamasından önce tüm kaplama malzemelerine 12 log *L. acidophilus* ilave edilmiş olup kurutma sonrasındaki miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek bakteri korumasını 11,13 log kob/g ile yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde görülürken en düşük bakteri sayısına 10,28 log kob/g ile peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. Kruskal Wallis testine göre kaplamaların bakteri sayılarına etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Mikroorganizma kültürlerinin muhafaza etkinliği, kültürün kendisi (tür, suş, hücre boyutu ve şekli, membranın lipit bileşimi), üretim şartları (büyüme ortamı bileşimi ve fazı, inkübasyon sıcaklığı, pH, ozmolarite, havalandırma, donma yoğunluğu, soğutma oranı) veya depolama koşulları (su aktivitesi, nem, sıcaklık) ile ilgili çok sayıda faktörden etkilenmektedir. Dondurma ya da dondurarak kurutma ile hücreleri korumak amacıyla kullanılan ortamın bileşimi, ele alınması gereken en önemli konulardan biridir. Koruyucu bir katkı maddesinin yokluğunda, bazen donmaya karşı makul bir canlılık gözlenmiş olsa da, dondurma ya da dondurarak kurutma için kriyoprotektanların kullanılması, hücrelerin canlı kalabilmesi için zorunludur. Kullanılan bileşenlerin doğasına bağlı olarak koruyucu maddelerin etki mekanizmaları değişmektedir. Bununla birlikte, sütün içine ilave koruyucu bileşenlerin dâhil edilmesi, kendi koruyucu kapasitesini arttırabilmektedir (Vinderola vd. 2019). Donma aşamasında oluşan hücre içi buz kristalleri, hücre zarında mekanik hasara yol açarak hücrelerin rüptürüne ve ölümüne neden olmaktadır. Bu sebeple, dondurulmuş starter kültürlerin hazırlanmasında, daha yüksek bir canlılık oranı ve daha uzun bir koruma sağlamak amacıyla kriyoprotektan seçimi ve kullanım oranı anahtar faktördür. Kriyoprotektanlar, hücreler üzerinde nüfuz ettikleri farklı bölgelere göre, geçirgen, yarı geçirgen ve geçirimsiz kriyoprotektanlar olarak sınıflandırılabilir. Geçirgen koruyucular hem hücre duvarlarına hem de hücre zarlarına nüfuz etmektedir. En yaygın olarak kullanılan geçirimli kriyoprotektanlar dimetil sülfoksit (DMSO) ve gliseroldür. Örnek verilecek olursa, gliserol, hidroksil grupları ile hücre içi makromoleküller arasında hidrojen bağları oluşturarak hücreye nüfuz edebilmektedir. Karbonhidratların, dehidrasyon ve donma sırasında hücre üzerinde önemli koruyucu etkileri mevcuttur.

Osmozdan sonra su molekülleri ile birleşerek, çözeltinin viskozitesini artırırlar ve buz kristallerinin oluşumunu yavaşlatırlar. Ayrıca, sitoplazma konsantrasyonunu artırarak ve hücre membran basıncını dengeleyerek, dehidrasyonun ve büzülmenin yarattığı hücre hasarını azaltmaktadırlar. Yağsız süt tozu, nişasta, maya tozu ve *p*-siklodekstrin gibi geçirimsiz koruyucu maddeler, hücre duvarlarına ve hücre zarlarına nüfuz edememektedirler. Bu tip kriyoprotektanlar, hücre yüzeyinde yapışkan bir tabaka oluşturarak hücreleri kısmen dehidre etmektedir. Bu koruyucu maddeler sitoplazmanın viskozitesini artırarak, hücrelerin etrafındaki düzensiz şekillere sahip buz kristallerinin büyümesini engellemektedir (Chen ve Hang 2019). Geçirgen bileşikler, yavaş dondurma sırasındaki hücre yaralanmalarına karşı daha etkiliyken, geçirimsiz olan bileşiklerin ise hızlı dondurma sırasındaki yaralanmalara karşı daha etkili olduğu bilinmektedir (Vinderola vd. 2019). Farklı kriyoprotektanların farklı suşlar üzerinde farklı koruyucu etkileri bulunmaktadır. Genellikle tek bir koruyucu ile dondurarak kurutmaya ve olumsuz dış koşullara karşı bakteri direnci gereksinimleri karşılanamamaktadır. Bu sebeple, bakteriyel hücrelerin dondurarak saklanması, koruyucuların bir arada kullanıldığı formülasyonlar tercih edilmektedir. Koruyucu tipi ve konsantrasyonunun iyi bir şekilde ayarlanması ile hem kurutma işlemi hızlandırılmakta, hem de kurutma ve saklama sırasında yüksek canlılık oranı sağlanabilmektedir. Genel olarak, prokaryotlar için, yaygın olarak kullanılan kriyoprezervatifler DMSO, dimetil sülfat ve gliserindir. LAB suşlarının kriyoprezervasyonu için en yaygın olarak yağsız süt, trehaloz ve dekstran/sükroz ve sığır serum albümini karışımları kullanılmaktadır (Chen ve Hang 2019). Yağsız süt ortamında laktik asit bakterileri başarıyla kurutulmakta ve makul sonuçlar elde edilebilmektedir, bu sebeple de birçok araştırmacı tarafından yeni geliştirilen koruyucu ortamları karşılaştırmak amacıyla standart olarak kullanılmaktadır (Heckly 1961). Bu anlamda, yağsız sütün evrensel olarak kabul gören bir kriyoprotektan olması ve başarıyla kullanımı, bakteri hücrelerine etki eden ve onları koruyan küçük, orta ve büyük boyutlu moleküllerin varlığı ile açıklanmaktadır. Hücre zarı bileşenlerinin stabilizasyonunu sağlaması, rehidrasyonu kolaylaştıran gözenekli bir yapı oluşturması ve hücreleri kaplayan koruyucu proteinleri sağlaması, sütün hücresel zararı azaltan çeşitli mekanizmalarındandır. Bununla birlikte, sütün içine ilave koruyucu bileşenlerin dâhil edilmesi, kendi koruyucu kapasitesini arttırabilmektedir (Vinderola vd. 2019). Süt

endüstrisi tarafından üretilen bu yan ürünlerin, yüksek organik madde içeriğinden kaynaklanan çevresel sorunlar oluşturması nedeniyle, ekonomik açıdan değerlendirilmesine hala ilgi duyulmaktadır. Hali hazırda, peynir altı suyu, laktik starter kültürlerin çoğaltılması amacıyla peynir üreticileri tarafından düşük maliyetli alternatif bir ortam olarak kullanılmaktadır (Burns vd. 2008). Peynir altı suyunun laktoz içeriğinin fazla olması dikkat çekmektedir. Laktoz, LAB'nin kurutulması ve sonrasında depolanması sırasında koruyucu etkileri test edilmiş şekerlerden biridir. Laktozun bir karbon kaynağı olarak kullanması ile mikroorganizmaların büyümeleri teşvik edilmektedir. Ek olarak, laktoz, çözünürlüğü arttırmak için toz bazlı farmasötik formüllerde de tercih edilmektedir. Kısaca, laktozun büyüme ve kurutma ortamına dâhil edilmesi önerilmektedir (Otero vd. 2007). Proteinler, probiyotiklerin kapsüllemesi için önemli duvar malzemeleridir. Bu şekilde kazein, sığır serum albümini ve soya proteini gibi proteinler ticari olarak mevcut proteinler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Proteinlerin yapıları çok büyük ve karmaşıktır, fakat proteinler enzimatik çapraz bağlama, sıcaklık kontrollü sol-jel geçişi ve kimyasal çapraz bağlama ile jelleştirilebilmektedir. LAB hücreleri, süt bazlı olmayan kaplama materyallerine karşı direnç gösterilebildiğinden duvar malzemesi olarak yaygın olarak laktoproteinlerin kullanımı söz konusu olmaktadır (Chen ve Hang 2019). Peynir altı suyu proteinleri de, üstün jelleşme ve emülsifikasyon özellikleri sebebiyle probiyotiklerin mikrokapsüllemesinde kaplama maddesi olarak kullanılmaktadır. Peynir altı suyu proteinlerinin in vivo olarak sindirilerek biyoaktif peptitlerin oluşumunu sağlaması kapsülleme materyali olarak kullanımının bir diğer avantajı olarak bildirilmektedir (Chen ve Hang 2019). Şekerlerin, karbonhidratların tipik camsı yapı oluşturma özelliği sergilemesi ile donma, dondurarak kurutma ve depolama üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla günümüzde, LAB hücrelerinin dondurarak kurutulmasında genellikle şeker ve polimerler tercih edilmektedir. Şeker ve polimerlerin oluşturduğu yüksek viskoziteli amorf matris, moleküllerin hareketliliğini azaltarak, difüzyonun neden olduğu bozunma reaksiyonlarını sınırlandırmaktadır. Şekerlerin hücreler üzerindeki koruyucu etkisinin, kurutma sürecinde zarar görecektir olan biyolojik moleküller ile hidrojen bağları oluşturarak suyun yerini alması ile gerçekleştiği düşünülmektedir (Chen ve Hang 2019).

Lactobacillus acidophilus'un çeşitli kriyoprotektanlarla dondurarak kurutulması ve farklı sıcaklıklarda (-18°C, 4°C ve 25°C) 6 ay depolama periyodunda canlılığının araştırıldığı bir çalışmada, kriyoprotktan oranları % 13 trehaloz, % 0,33 Na₂HPO₄, % 7,5 laktoz ve % 21 yağsız süt tozu olacak şekilde optimize edilmiştir. İşlem sonunda *L. acidophilus*'un canlılığının kontrol (% 36,6) ile karşılaştırıldığında (% 93,9) oldukça yüksek olduğu ve düşük sıcaklıklarda (-18°C ve 4°C) uygulanan depolamanın canlılığı daha iyi koruduğu tespit edilmiştir (Shu vd. 2018). De Giulio vd. (2005), *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*'u % 32 oranında trehaloz, maltoz, sükroz, glikoz ve laktoz içeren şeker çözeltileri içerisinde 4 °C'de 2 saat inkübe ettikten sonra dondurarak kurutmuşlardır. Test edilen tüm şekerler, izotonik çözeltiliye kıyasla hücre canlılığı üzerinde koruyucu bir etki göstermiştir. Suşlara göre farklılık gösterse de, trehalozun bakteri canlılığının korunmasında en etkili şeker olduğu bildirilmiştir. Laktoz, yağsız süt, askorbik asit ve bunların kombinasyonları içinde dondurarak kurutulan *Lactobacillus acidophilus*, *L. paracasei* subsp. *paracasei* ve *L. salivarius*, jelatin kapsüller içine doldurularak, karanlıkta 5°C'de saklanmıştır. Dondurarak kurutmadan hemen sonra, test edilen üç suşun canlılığının, analiz edilen tüm koşullarda 0,05–2 log arasında azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, farklı bileşiklerin tek başına veya kombinasyonlarının kullanımı, depolama süresi boyunca *Lactobacillus* hücrelerinin canlılığı üzerine pozitif etki yapmıştır. Özellikle, askorbik asitin hem ayrı ayrı kullanımı hem de laktoz, süt veya ikisi ile birlikte kullanımı, üç *Lactobacillus* suşu için depolama sırasındaki canlı kalma oranlarını önemli ölçüde arttırmış ve en az 12 ay boyunca yüksek canlılık gözlenmiştir. Öte yandan, yalnızca laktoz veya yağsız sütle depolanan liyofilize mikroorganizmalar, depolamanın ilk aylarından başlayarak önemli ölçüde azalma göstermiştir (Zárate ve Nader-Macias 2006). Yukarıda bahsedilen kaynaklardan da anlaşıldığı üzere, büyüme fazı, süspanse edici sıvı ortam, hücre konsantrasyonu, süspanسیون hacmi, kurutma ve dondurarak kurutma tekniği gibi liyofilizasyon proses koşullarının, mikrobiyal canlılığı güçlü bir şekilde etkilediği pek çok yazar tarafından bildirilmektedir (Tsvetkov ve Brankova 1983, Bolla vd. 2011).

4.3 Mikroenkapsüle *L. acidophilus* SEM Görüntüleri

Dondurma üretiminde kullanılan mikroenkapsüle *L. acidophilus* SEM görüntüleri Resim 4.1’de verilmiştir. Sorbitol ile kaplanmış örneklerin yapısının ipliksi şeklinde olduğu ve çözünürlüğünde oldukça iyi olduğu gözlenmiştir. Yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerin gözenekli yapıda olduğu belirlenmiştir. Yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerin sıkı bir yapıda olduğu ve çözünürlüğünün az olduğu tespit edilmiştir. Peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerin parçacıklı, kırıklı yapıda olduğu ve bununla hücre tahribatına yol açabileceği düşünülmektedir. Koruyucu maddelerin depolama esnasında canlılığı korumadaki yüksek performansı ise oluşturdukları bu yapıların dayanıklılığından ve madde/su migrasyonunu minimize etmesinden kaynaklanmış olabilir. Parçacık morfolojisinin ve partikül boyutunun, toz gıdaların yığın yoğunluğu, akışkanlık, sıkıştırma, rehidrasyon ve çözünürlük gibi çeşitli teknolojik özelliklerinden birçoğunu etkilediği bilinmektedir (Dias vd. 2018).

Dondurarak kurutulmuş tozların morfolojisi, oldukça gözenekli bir yüzeye sahip kek benzeri bir yapı göstermektedir. Gözenekli yapı, dondurarak kurutma işlemindeki dondurma aşamasında buz kristallerinin oluşumu ve daha sonra süblimleşmesinin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Bu yapı, genellikle toz halindeki ürüne iyi bir rehidrasyon davranışı kazandırmaktadır (Anandharamkrishnan vd. 2010; Dolly vd. 2011). Ayrıca dondurarak kurutma sonrasında, toz haline getirebilmek amacıyla numunenin öğütülerek mikronize edilmesi gerekmektedir (Ying vd. 2010). Bu çalışmada da öğütme işlemi gerçekleştirilmiş olup, bu işlemin hem parçacık boyutunda hem de tozların morfolojisinde etkili olması beklenmektedir. Buna göre, dondurarak kurutulmuş tozların morfolojisinin, genel olarak düzensiz şekil ve boyutlarda, gözenekli, süngerimsi bir yapı sergilediği görülmektedir. Koruyucu ilavesi ile daha gözenekli bir toz yapısının oluştuğu söylenebilir. Kontrol örneğinin daha düzgün bir yüzeye sahipken diğer kültürlerin girintili çıkıntılı bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür. Koruyucu içeren tüm örneklerde, özellikle de kazein ilaveli tozlarda belirgin bir şekilde köşeli parçacıklar/kırıkların varlığı söz konusudur. Dondurarak kurutulmuş yüzeyler üzerinde, düşük kurutma sıcaklığı ve üretimde kullanılan farklı duvar malzemelerinin kaplama oluşturabilme karakterizasyonu ile ilişkili olarak çukurluk gibi yüzey düzensizlikleri

oluşmaktadır. Ayrıca toz materyalin dış yüzey bileşimi, çözünürlük, akışkanlık ve yapışkanlık gibi özellikleri etkileyebilmektedir (Würth vd. 2018).

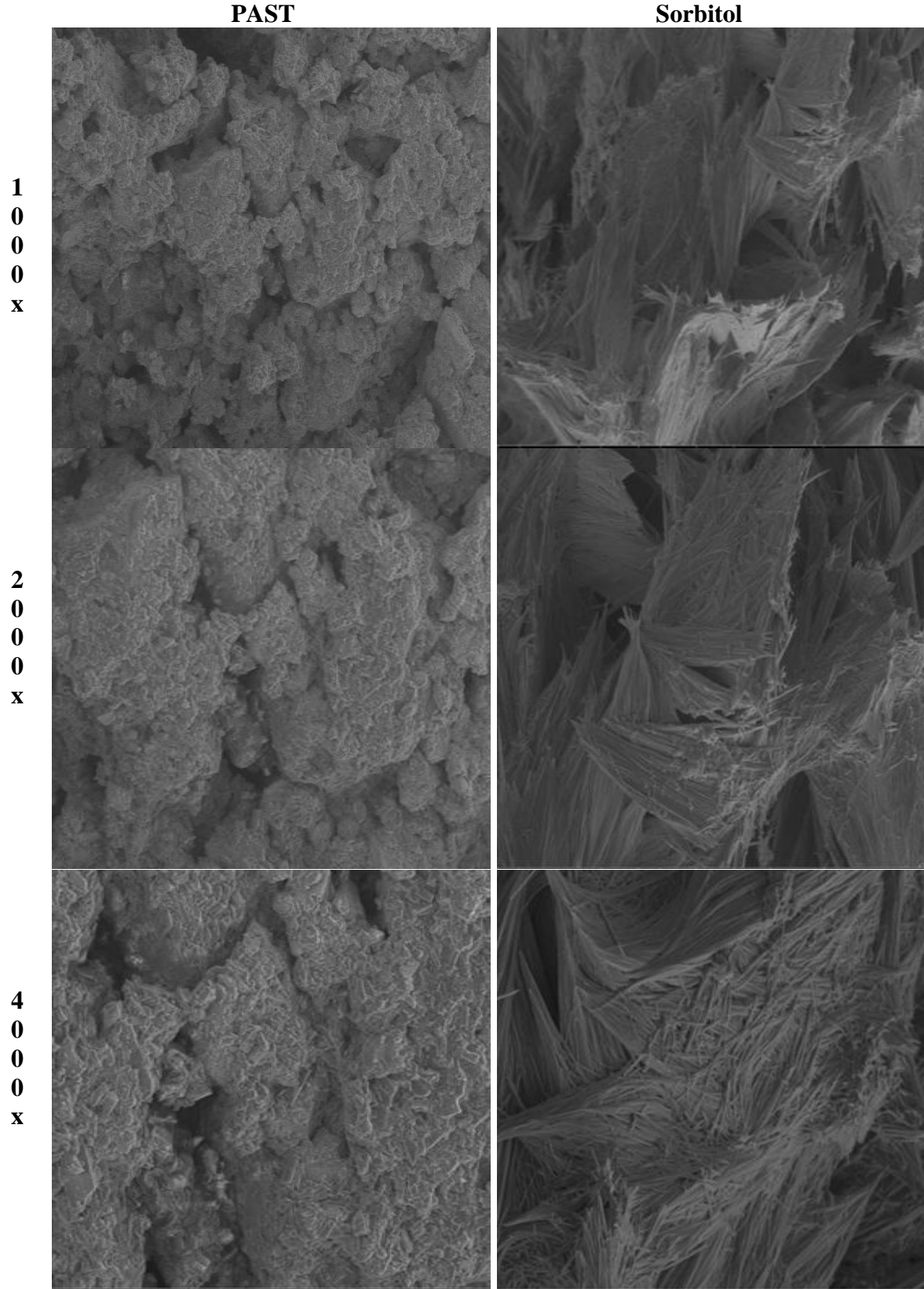
Yüksek hidratlı sistemlerde buz kristallerinin yaklaşık 1 µm olarak ölçüldüğünü; buz kristallerinin, tamamen dondurulduğunda, çözünmeyen (tuzlar, laktoz vb.) ve parçacık halindeki (kazein miselleri vb.) bileşenlerle çevrili şekilde çok pürüzsüz alanlar olarak görüldüğünü ve buz fazının uzaklaşması ile üç boyutlu petek benzeri bir ağ görüntüsünün oluştuğunu tespit etmişlerdir (Buchheim 1982). Dolayısıyla başlangıçta sahip olunan daha düşük katı konsantrasyonu, liyofilizasyon sırasında daha fazla su uzaklaşmasına neden olacağından, daha gözenekli bir ürün oluşması beklenmektedir (Rogers vd. 2008).

Önceki çalışmalarda, yağsız süt gibi protein içeren sistemler, spreyci dondurma veya emülsiyon dondurma tekniği ile hazırlandığında kazein misellerinin sistemin ara yüzeyine birikme eğilimi gösterdiği ve adsorbe edildiği tespit edilmiştir. Yağsız sütteki kazein misellerinin, bazen donma kırılmasından sonra güçlü plastik deformasyonlar gösterdiği, süt serum fazının ise herhangi bir kontaminasyonun ya da süblimasyonun olmadığı pürüzsüz görüneceğini belirtmişlerdir (Buchheim 1982).

Rajam vd. (2012), denature edilmiş ve edilmemiş peynir altı suyu protein izolatlarının sodyum alginatla birlikte dondurarak kurutmuşlardır. Elde ettikleri mikrokapsüllerin, buz kristallerinin süblimasyonu nedeniyle oldukça gözenekli ve süngerimsi bir yapıya sahip olduklarını, ayrıca *L. plantarum* hücrelerinin denature edilmiş peynir altı suyu protein izolatu + sodyum alginat jel ağı tarafından tamamen sarılmış olduğunu görmüşlerdir. Dondurarak kurumuş toz ürünler, düzensiz şekiller ve yüzeyler gösterirken, spreyci dondurarak kurumuş tozlar ise yüzeyde ince gözeneklere sahip ve neredeyse küresel partiküller olarak görünmektedir. Ayrıca, dondurarak kurutma aşamasında çökmeye maruz kalan peynir altı suyu proteinleri birçok kırık parçacık oluşumuna neden olmaktadır (Dolly vd. 2011).

Haque ve Roos (2006) püskürtülerek kurutulmuş amorf laktoz ve laktoz/protein karışımlarının SEM görüntülerinde genellikle küresel formda göründüklerini,

dondurarak kurumuş laktoz ve laktoz/protein karışımlarının ise kırık cam parçalarına benzediğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda dondurarak kurumuş laktozun kristal yapısının, iğne ya da çubuk benzeri yapılara sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

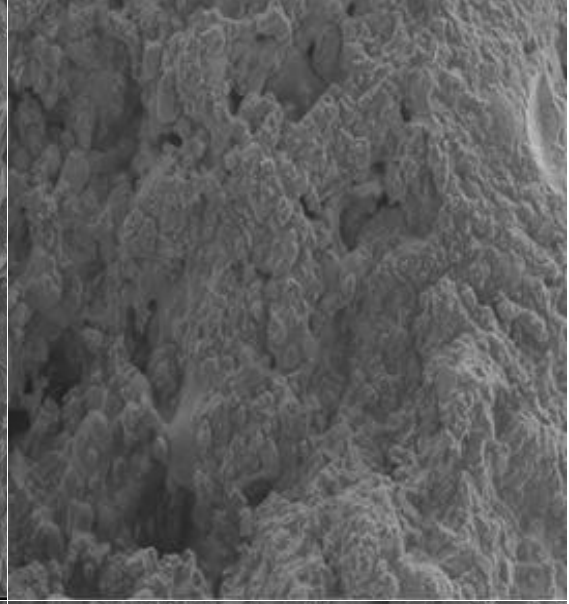
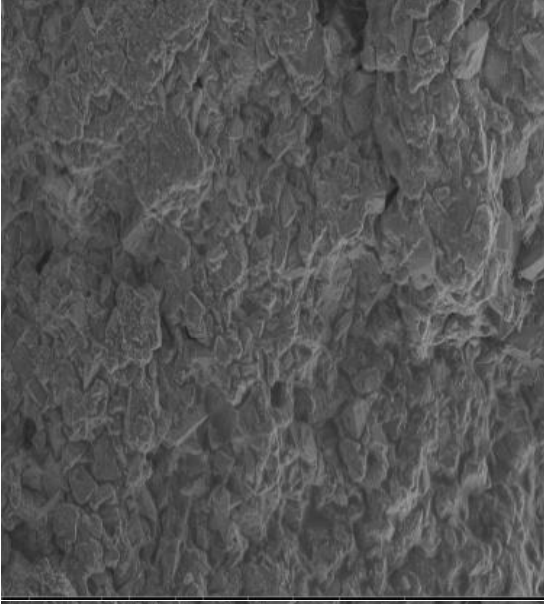


Resim 4.1 Mikroenkapsüle *L. acidophilus* farklı boyutlardaki SEM görüntüleri.

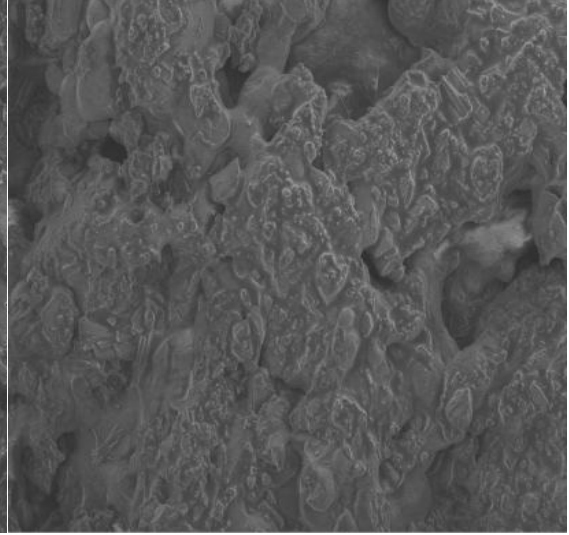
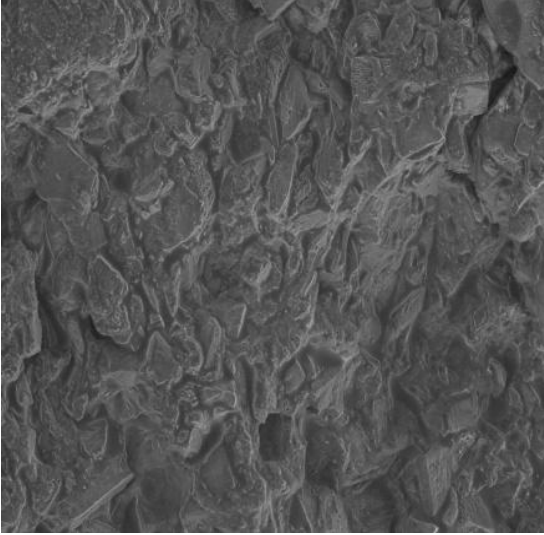
Yağlı ST

Yağsız ST

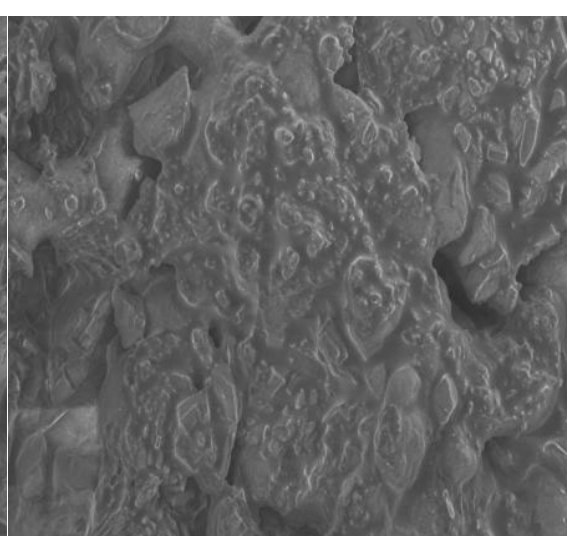
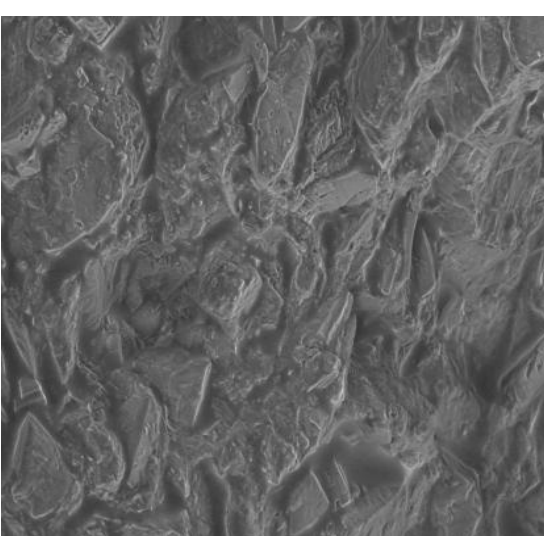
1
0
0
0
x



2
0
0
0
x



4
0
0
0
x



Resim 4.1 (Devam) Mikroenkapsüle *L. acidophilus* farklı boyutlardaki SEM görüntüleri.

4.4 Dondurma Miksinde Tekstürel Özellikler

Dondurma üretiminde üretilen dondurma miksinde ait tekstürel özellikler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Dondurma örneklerinin en yüksek firmness değerleri 41,96 g ile yağsız süt tozu ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde en düşük firmness değerleri ise 21,98 g ile kontrol örneklerinde bulunmuştur. Dondurma örneklerinin en yüksek consistency değerleri 58,65 g.s ile yağsız süt tozu ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde, en düşük consistency değerleri ise 27,13 g.s ile sorbitol ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde belirlenmiştir. Dondurma örneklerinin en yüksek cohesiveness değerleri 19,99 g.s ile peynir altı suyu tozu ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde en düşük cohesiveness değerleri ise 15,11 g.s ile yağlı süt tozu ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde görülmüştür. Dondurma örneklerinin en yüksek Index of viscosity değerleri 19,65 g.s ile yağlı süt tozu ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde en düşük Index of viscosity değerleri ise 14,05 g.s ile sorbitol ile kaplanmış *L. acidophilus* örneklerinde bulunmuştur. Kruskal Wallis testine göre kaplama malzemelerinin miksin tekstürel özellikleri firmness, consistency ve index of viscosity üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuşken, cohesiveness üzerine etkisi önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

Çizelge 4.3 Dondurma miksinin tekstürel özellikleri

	Firmness (g)	Consistency (g.s)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity(g.s)
Kontrol	21,98±1,16 e	32,57±2,26 d	-18,34±2,80 bc	-17,72±1,37 a
PAST	27,88±0,32 c	40,85±2,99 c	-19,99±0,24 a	-15,77±0,52 b
Sorbitol	25,34±1,36 d	27,13±1,10 e	-15,73±1,49 bc	-14,05±0,57 c
Yağlı ST	36,30±1,73 b	48,07±3,80 b	-15,11±1,55 c	-19,65±0,95 a
Yağsız ST	41,96±1,98 a	58,65±2,09 a	-18,69±2,31 a	-18,30±2,81 a

Aynı sütündeki farklı harfler veriler arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

4.5 Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri

4.5.1 Kurumadde

Dondurma örneklerine ait kurumadde içerikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Kurumadde miktarları incelendiğinde; kontrol, peynir altı suyu tozu, sorbitol, yağlı süt tozu ve

yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerin kurumaddeleri sırasıyla % 40,58, 40,32, 40,67, 40,80 ve 39,99 olarak tespit edilmiştir. Kruskal Wallis testine göre malzemelerin dondurmaların kurumadde miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p>0,05$).

Bakır 2015 probiyotik bakterilerin dondurma üretiminde kullanımı üzerine bir çalışma yaptıkları çalışmasında kurumadde % 42,61-43,25 arasında olduğunu bildirmiştir.

Silva vd. (2015) probiyotik dondurmalar üzerine yapmış olduğu çalışmada dondurmaların kuru madde oranlarını % 38,1- 35,6 arasında tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.4 Dondurma örneklerine ait kurumadde ve protein miktarları

	Protein (%)	Kurumadde (%)
Kontrol	3,79±0,03 a	40,58±0,79 a
PAST	3,79±0,02 a	40,32±1,99 a
Sorbitol	3,78±0,03 a	40,67±2,00 a
Yağlı ST	3,80±0,04 a	40,80±1,84 a
Yağsız ST	3,81±0,03 a	39,99±1,78 a

Aynı sütündeki farklı harfler veriler arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.5.2 Protein

Dondurma örneklerine ait protein içerikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Dondurma örneklerinde en yüksek protein içeriğine % 3,81 ile yağsız süt tozu ile kaplanmış probiyotik dondurmalarda, en düşük protein içeriğine ise % 3,78 sorbitol ile kaplanmış dondurma örneklerinde belirlenmiştir. Kruskal Wallis testine göre malzemelerin dondurmaların protein miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Turgut 2006 bazı probiyotik bakterilerin dondurma üretiminde kullanımı üzerine çalışmasında protein değerlerini % 5,41-5,63 arasında olduğunu bildirmiştir.

Ergin (2013) *L. acidophilus* dondurma üretimine kullanımı üzerine yaptığı bir araştırmada dondurma örneklerinde protein değerlerini % 3,69 ile % 4,01 arasında tespit etmiştir.

4.5.3 Titrasyon asitliği (% LA cinsinden)

Dondurma örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek titrasyon asitliği değeri 90. gün peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük titrasyon asitliği değerleri 1. gün kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Kuşçu 2015 probiyotik dondurmanın kalite özellikleri üzerine farklı oranlarda prebiyotik lif içeren stevia özü ilavesinin etkisi üzerinde yaptığı çalışmada dondurmaların titrasyon asitliği değerleri % 0,31-0,33 arasında değiştiğini bildirmiştir. Küçükçetin vd. (2009) probiyotik dondurma üzerine yaptıkları bir çalışmada titrasyon asitliği değerlerini % 0,16-0,44 LA aralığında bulmuşlardır.

Çizelge 4.5 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özellikler

Malzeme	Gün	TA(% LA cinsinden)	pH	L*	a*	b*	İlk Erime (dk)	Tamamen Erime (dk)	Hacim artışı (%)	Sertlik (N)
Kontrol	1.Gün	0,260±0,003	6,30±0,03	87,39±4,38	1,65±0,12	8,72±0,31	13,97±1,45	75,10±2,00	38,67±1,97	10,43±0,58
	30.Gün	0,262±0,002	6,30±0,02	87,07±5,33	1,63±0,13	8,69±0,46	16,22±1,80	76,50±1,50	36,99±1,66	10,35±1,38
	60.Gün	0,263±0,004	6,28±0,02	89,82±1,33	1,08±0,08	10,09±0,62	17,63±1,40	78,73±1,78	31,52±1,15	12,22±1,42
	90.Gün	0,264±0,003	6,30±0,01	90,53±1,28	1,41±0,25	8,74±0,51	18,40±1,60	79,58±1,98	30,16±0,75	19,37±8,25
PAST	1.Gün	0,261±0,006	6,31±0,02	87,51±1,39	1,67±0,14	8,22±0,72	15,25±1,88	75,68±1,45	38,15±0,90	13,53±4,79
	30.Gün	0,264±0,005	6,31±0,03	87,78±2,26	1,64±0,17	8,44±0,59	16,48±1,30	76,94±1,47	36,47±0,89	18,89±1,23
	60.Gün	0,264±0,003	6,30±0,02	88,84±1,08	1,32±0,14	8,89±0,68	19,42±1,02	82,03±2,67	30,30±2,11	30,60±1,99
	90.Gün	0,267±0,007	6,31±0,01	90,17±0,10	1,54±0,12	8,41±0,52	22,37±0,80	83,67±1,46	26,52±0,78	35,58±2,97
Sorbitol	1.Gün	0,262±0,004	6,31±0,02	87,12±2,59	1,65±0,12	8,60±0,40	13,31±1,17	71,72±1,81	41,98±1,62	9,95±1,53
	30.Gün	0,262±0,006	6,30±0,02	87,28±1,85	1,66±0,11	8,69±0,38	15,34±0,86	74,47±0,67	39,55±0,71	12,84±1,81
	60.Gün	0,261±0,004	6,30±0,02	89,38±2,08	0,98±0,19	10,08±1,45	16,46±0,99	77,23±1,63	35,71±0,76	19,88±5,73
	90.Gün	0,262±0,005	6,32±0,03	89,46±3,43	1,48±0,09	8,42±0,92	18,39±0,88	78,40±0,92	31,52±0,89	21,97±6,23
Yağlı ST	1.Gün	0,262±0,005	6,30±0,02	88,80±1,05	1,56±0,04	9,02±0,45	15,80±1,61	76,17±1,15	37,30±1,18	14,93±5,14
	30.Gün	0,263±0,004	6,30±0,02	88,96±1,21	1,61±0,11	8,70±0,82	16,60±1,11	77,57±1,06	35,95±1,14	16,74±2,96
	60.Gün	0,261±0,003	6,29±0,03	87,38±3,46	1,21±0,22	9,28±0,63	19,04±1,42	79,30±0,88	34,20±0,54	19,41±4,74
	90.Gün	0,262±0,004	6,31±0,01	88,07±1,30	1,83±0,31	7,33±1,37	22,15±1,61	81,84±1,68	31,82±1,21	25,27±2,44
Yağsız ST	1.Gün	0,261±0,004	6,30±0,03	88,37±3,66	1,52±0,14	9,24±0,37	17,74±1,04	79,82±0,45	34,54±0,87	19,62±1,14
	30.Gün	0,262±0,005	6,29±0,02	88,27±2,85	1,65±0,19	8,46±0,48	20,39±0,98	81,34±0,83	30,57±0,57	25,69±2,44
	60.Gün	0,262±0,003	6,31±0,02	88,68±1,55	1,27±0,21	9,04±0,54	23,57±1,07	84,43±0,88	27,04±1,37	29,55±1,25
	90.Gün	0,261±0,005	6,31±0,01	89,53±1,48	1,61±0,25	8,11±0,39	25,18±1,57	87,35±0,83	23,94±0,78	39,22±1,13

Titrasyon asitliğinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Varyans analizine göre; malzemeler, depolama süresi ve malzeme x depolama süresi etkileşimi üzerine titrasyon asitliğinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin titrasyon asitliği üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre istatistiksel açıdan $p>0,05$ farksız olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre depolamanın etkisinin istatistiksel olarak farksız olduğu belirlenmiştir.

4.5.4 pH

Dondurma örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek pH değeri 90. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük pH değerleri 60. gün kontrol örneklerde tespit edilmiştir. Bakır 2015 probiyotik bakterilerin dondurma üretiminde kullanımı üzerine bir çalışma yaptıkları çalışmasında pH 6,24-6,56 arasında değiştiğini bildirmiştir. Şimşek 2016 probiyotik dondurma çalışmasında pH değerlerini 6,27-6,48 arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Çizelge 4.6 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal analizlerin varyans analizi

	Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	P
TA	Malzeme	3,855E-005	4	9,637E-006	0,725	0,583
	Gün	1,740E-005	3	5,800E-006	0,278	0,841
	Malzeme*Gün	3,352E-005	12	2,793E-006	0,134	1,000
pH	Malzeme	0,001	4	0,000	1,151	0,356
	Gün	9,583E-005	3	3,194E-005	0,098	0,961
	Malzeme*Gün	0,000	12	2,431E-005	0,075	1,000
L*	Malzeme	3,986	4	0,996	0,076	0,989
	Gün	61,303	3	20,434	4,826	0,004
	Malzeme*Gün	64,192	12	5,349	1,263	0,258
a*	Malzeme	0,261	4	0,065	1,122	0,369
	Gün	4,302	3	1,434	77,699	0,000
	Malzeme*Gün	0,928	12	0,077	4,191	0,000
b*	Malzeme	5,579	4	1,395	1,584	0,209
	Gün	25,622	3	8,541	23,922	0,000
	Malzeme*Gün	13,338	12	1,111	3,113	0,001
İlk erime süresi	Malzeme	246,952	4	61,738	21,847	0,000
	Gün	314,792	3	104,931	76,290	0,000
	Malzeme*Gün	23,454	12	1,955	1,421	0,211
Tamamen erime süresi	Malzeme	398,017	4	99,504	29,326	0,000
	Gün	381,068	3	127,023	74,781	0,000
	Malzeme*Gün	26,629	12	2,219	1,306	0,266
Hacim artışı	Malzeme	436,729	4	109,182	47,880	0,000
	Gün	784,836	3	261,612	241,716	0,000
	Malzeme*Gün	58,595	12	4,883	4,512	0,000
Sertlik	Malzeme	1883,841	4	470,960	17,076	0,000
	Gün	1845,952	3	615,317	75,228	0,000
	Malzeme*Gün	336,838	12	28,070	3,432	0,003

Df: serbestlik derecesi; 0,01<p<0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001<p<0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı; p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil

pH analizinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Varyans analizine göre, pH üzerine malzemeler, depolama süresi ve malzeme x depolama süresi etkileşimi etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

pH'ın malzemeler üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre malzemelerin etkileşiminin etkisi üzerine örnekler istatistiksel açıdan birbirlerinden farklı (p>0,05) olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama üzerine etkisinin de istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir.

4.5.5 Renk Özellikleri

4.5.5.1 L* değeri

Dondurma örneklerine ait L* değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek L* değeri 90. gün kontrol örneklerde, en düşük L* değerleri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

L* değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Varyans analizine göre, L* değeri üzerine depolama süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken $p < 0,05$, malzeme ve malzeme x depolama süresi etkileşimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur $p > 0,05$.

Malzemelerin L* değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı ($p > 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre 1. 30. ve 60. günler arasında ile 60. gün ve 90. günler arasında istatistiksel olarak farksızdır ve birbirleri arasında da istatistiksel açıdan farklı olduğu belirlenmiştir.

4.5.5.2 a* değeri

Dondurma örneklerine ait a* değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek a* değeri 90. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük a* değerleri 60. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

a* değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Varyans analizine göre, a* değeri üzerine malzeme x depolama süresi, depolama süresi etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p < 0,05$) ve malzemeler üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Malzemelerin a^* değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı $p>0,05$ olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre 60. günün diğer günler arasında fark olduğu ve birbirleri arasında da istatistiksel açıdan farksız olduğu belirlenmiştir.

4.5.5.3 b^* değeri

Dondurma örneklerine ait b^* değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek b^* değeri 60. gün kontrol örneklerde, en düşük b^* değerleri 90. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

b^* değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Varyans analizine göre, b^* değeri üzerine, malzeme x depolama süresi, depolama süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken $p<0,05$ ve malzemelerin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur $p>0,05$.

Malzemelerin b^* değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre 60. günün diğer günler arasında fark olduğu ve birbirleri arasında da istatistiksel açıdan farksız olduğu belirlenmiştir.

Açu 2014, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş dondurma üretimi üzerine yaptığı çalışmada, L* değeri 61,21-96,08, a* değeri -2,57-(11,60), b* değeri 5,96-17,33 arasında değişmiştir.

Erdoğan 2013, mikroenkapsüle edilen nar kabuğu fenolik bileşiklerinin dondurma üretiminde kullanılma olanaklarının araştırılması üzerine yaptıkları çalışmada L* 76,74-88,17, a* 2,25-3,04, b* 6,56-24,06 değerleri arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.7 Dondurma örneklerine ait bazı fizikokimyasal özelliklerin Tukey Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	TA	pH	L*	a*	b*	İlk erime	Tamamen Erime	Hacim artışı	Sertlik
Kontrol	0,263 a	6,30 a	88,70 a	1,44 a	9,06 a	16,55 ab	77,48 ab	34,33 b	13,09 a
PAS	0,263 a	6,31 a	88,58 a	1,54 a	8,49 a	18,37 b	79,58 b	32,86 b	24,65 bc
Sorbitol	0,262 a	6,30 a	88,31 a	1,44 a	8,95 a	15,88 a	75,46 a	37,19 c	16,16 a
Yağlı ST	0,262 a	6,31 a	88,30 a	1,55 a	8,58 a	18,40 b	78,72 b	34,82 b	19,09 ab
Yağsız ST	0,262 a	6,31 a	88,71 a	1,51 a	8,71 a	21,72 c	83,23 c	29,02 a	28,52 c

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

4.5.6 İlk Erime Süresi

Dondurma örneklerine ait ilk erime süreleri değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek ilk erime süreleri 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük ilk erime süreleri değerleri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Erdoğan 2013, mikroenkapsüle edilen nar kabuğu fenolik bileşiklerinin dondurma üretiminde kullanılma olanaklarının araştırılması üzerine yaptıkları çalışmada ilk damlama süresi 18,81-19,83 dk. arasında değiştiğini bildirmiştir. Kuşçu 2015 probiyotik dondurmanın kalite özellikleri üzerine farklı oranlarda prebiyotik lif içeren stevia özü ilavesinin etkisi üzerinde yaptığı çalışmada, ilk damlama süresini 1170- 1710 sn. arasında değiştiğini tespit etmiştir.

İlk erime süreleri değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Varyans analizine göre, ilk erime süresine malzeme ve depolama süresinin etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken p<0,05 ve malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

Malzemelerin ilk erime süreleri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre kontrol ile sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı ($p>0,05$), kontrol, peynir altı suyu tozu ve yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde farksız olduğu ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerin istatistiksel açıdan farklı olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 Dondurma örneklerinin bazı fizikokimyasal özelliklerine ait depolama süresinin etkisinin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	TA	pH	L*	a*	b*	İlk erime	Tamamen Erime	Hacim artışı	Sertlik
1.Gün	0,262 a	6,30 a	87,84 a	1,61 a	8,76 a	15,21 a	75,70 a	38,13 a	13,69 a
30.Gün	0,262 a	6,30 a	87,87 a	1,64 a	8,59 a	17,01 b	77,36 b	35,90 b	16,90 b
60.Gün	0,262 a	6,30 a	88,82 ab	1,17 b	9,48 b	19,22 c	80,35 c	31,75 c	22,33 c
90.Gün	0,262 a	6,31 a	89,55 b	1,57 a	8,20 a	21,30 d	82,17 d	28,79 d	28,28 d

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.5.7 Tamamen Erime Süresi

Dondurma örneklerine ait tamamen erime süreleri değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek tamamen erime süreleri 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük tamamen erime süreleri değerleri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Alibekiroğlu 2014 farklı oranlarda inülin ve taurin ilaveli probiyotik dondurmaların özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, tamamen erime süresini 4261-4959 sn. arasında değiştirdiğini belirtmiştir. Daşnik 2014 glukoz oksidaz ve askorbik asit ilavesinin simbiyotik dondurmalarındaki probiyotik bakterilerin canlılığı üzerine etkisi tamamen erime süresini 3651-4020 sn arasında değiştirdiğini bildirmiştir.

Tamamen erime süreleri değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Varyans analizine göre, tamamen erime süresine malzeme ve depolama süresinin etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0,05$) ve malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin tamamen erime süreleri değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre kontrol ile sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı $p>0,05$, kontrol, peynir altı suyu tozu ve yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde farksız olduğu ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerin istatistiksel açıdan farklı olduğu tespit edilmiştir. Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

4.5.8 Hacim Artışı

Dondurma örneklerine ait hacim artışı değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek hacim artışı 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük hacim artışı değerleri 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Okurkan 2018 karamuk (*Berberis Crataegina*) antosiyaninlerinin enkapsülasyonu ve dondurma üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi için yaptığı çalışmasında dondurmaların hacim artışı yüzdesi 36,467- 48,775 arasında değişiklik göstermiştir. Da Silva vd. (2015), yaptıkları çalışmada hem probiyotik ilavesiz dondurma örneğinin hemde *B. animalis* subsp. *lactis* ilaveli dondurmaların örneğinin hacim artışı miktarının % 48 olduğunu bildirmişlerdir.

Hacim artışı değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Varyans analizine göre, hacim artışı üzerine, malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur $p<0,05$.

Malzemelerin hacim artışı değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre kontrol, peynir altı suyu tozu ile kaplanmış ve yağlı süt tozu ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı $p>0,05$, bu örneklerin sorbitol ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler arasında farkın önemli olduğunu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir.

4.5.9 Sertlik

Dondurma örneklerine ait sertlik değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek sertlik değerleri 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük sertlik değerleri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Açu 2014 fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş dondurma üretimi üzerine yaptığı çalışmasında, sertlik değerlerinin 521,75-2127,25 g arasında değiştiğini belirtmiştir. Çam 2020 lif ilaveli probiyotik dondurma üzerine yaptığı çalışmasında sertlik değerlerini 20,44-3272,4 g arasında olduğu bildirmiştir.

Sertlik değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Varyans analizine göre, sertlik değeri üzerine, malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Malzemelerin sertlik değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre kontrol, yağlı süt tozu ve sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında örnekler arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı ($p>0,05$), yağlı süt tozu ve peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örnekler ve peynir altı suyu tozu ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler arasında farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

4.5.10 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

DSC, hemen hemen tüm gıda ürünlerinin fiziksel yapısının ve özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Dondurma örneklerine ait DSC değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Örneklere ait en yüksek Tonset değerleri 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük Tonset değerleri 1. gün kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Örneklere ait en yüksek Tend değerleri 1. gün peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük Tend değerleri 1. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Örneklere ait en yüksek entalpi değerleri 90. gün peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük entalpi değerleri 90. gün kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Aboufazole vd. 2014 yaptıkları çalışmada Tonset değerleri (-6,93-(-8,77) °C), entalpi değerlerini de (105,81-132,29 J/g) arasında olduğunu belirtmişlerdir. Günay 2018 çeşitli şeker ikamelerin düşük kalorili dondurma üretimiyle ilgili yaptığı çalışmada, kristalizasyonu (-27,12-(-19,20) °C), ergimesi (-16,64-(-3,13) °C), entalpisi de 48,49-88,92 J/g olduğunu belirtmiştir. Kullanılan DSC tekniği ile birlikte uygulanan sıcaklık ve zaman parametrelerine bağlı olarak dondurma örneklerinde farklı fiziksel parametrelerin belirlendiği görülmektedir.

Çizelge 4.9 Dondurma örneklerine ait DSC değerleri

Malzeme	Gün	Tonset (°C)	Tend (°C)	Entalpi (J/g)
Kontrol	1.Gün	-16,02±1,36	9,89±0,44	127,70±3,54
	90.Gün	-12,99±0,76	10,99±0,42	124,76±3,39
PAS	1.Gün	-15,25±1,34	12,31±2,19	140,57±7,98
	90.Gün	-15,00±1,08	12,00±1,02	141,68±3,15
Sorbitol	1.Gün	-13,71±0,77	9,91±1,82	131,60±0,69
	90.Gün	-14,25±1,06	10,62±0,59	127,28±9,79
Yağlı ST	1.Gün	-14,02±1,31	11,29±0,89	139,18±4,29
	90.Gün	-14,23±1,37	11,96±2,41	136,18±5,86
Yağsız ST	1.Gün	-13,29±1,29	9,31±1,05	139,13±3,86
	90.Gün	-12,12±2,64	9,54±0,69	134,41±5,81

DSC değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Varyans analizine göre, DSC değerleri üzerine malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin DSC değerleri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.11 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin varyans analizi

	Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Tonset	Malzeme	12,664	4	3,166	1,574	0,312
	Gün	4,579	1	4,579	2,458	0,178
	Malzeme*Gün	6,379	4	1,595	0,856	0,547
Tend	Malzeme	17,712	4	4,428	2,894	0,137
	Gün	0,330	1	0,330	0,248	0,639
	Malzeme*Gün	1,861	4	0,465	0,350	0,835
Entalpi	Malzeme	553,442	4	138,360	6,313	0,034
	Gün	11,205	1	11,205	0,259	0,632
	Malzeme*Gün	48,636	4	12,159	0,282	0,878

Df: serbestlik derecesi; 0,01<p<0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001<p<0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı; p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil

Çizelge 4.11 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin malzemelerin etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Tonset	Tend	Entalpi
Kontrol	-14,50 a	10,44 a	126,23 a
PAST	-15,12 a	12,00 a	140,00 b
Sorbitol	-13,98 a	10,26 a	129,44 ab
Yağlı ST	-14,12 a	11,62 a	137,68 ab
Yağsız ST	-12,71 a	9,42 a	136,77 ab

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).

Tukey Q testi sonuçlarına göre, Tonset ve Tend değerleri üzerine malzemelerin istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı (p>0,05), entalpi değerlerinde ise peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerin istatistiksel olarak kontrol ile farklı olduğu (p<0,05) diğer örnekler arasında farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0,05). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12 Dondurma örneklerine ait DSC değerlerinin depolama süresinin etkisinin bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Tonset	Tend	Entalpi
1.Gün	-14,56 a	10,62 a	134,77 a
90.Gün	-13,61 a	10,88 a	133,27 a

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.5.11 Reolojik Özellikler

Dondurma örneklerine ait reometre değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. G' değeri en yüksek 1. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük G' değeri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde bulunmuştur. G'' değeri en yüksek 90. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük G'' değeri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde bulunmuştur. G^* değeri en yüksek 1. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük G^* değeri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde bulunmuştur. Viskozite değeri en yüksek 1. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük viskozite değeri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde bulunmuştur. Camelo-Silva vd. 2021 dondurma üretiminde dondurulmuş yağsız süt konsantresi uygulamasında viskozite değerleri 11-20 Pa.s arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yılmaz 2014 ekzopolisakkarit üreten bakterilerden üretilen dondurma miksinde G' 3,34-165 Pa, G'' 1,94-47,2 Pa arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.13 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri

Malzeme	Gün	G'(elastik)(Pa)	G''(Viskoz)(Pa)	G^*(Kompleks)(Pa)	Viscosity(Pa.s)
Kontrol	1.Gün	21,97±2,19	11,28±1,45	25,87±0,66	20,92±3,21
	90.Gün	20,50±2,13	15,34±1,22	29,28±1,59	24,50±1,84
PAS	1.Gün	16,07±0,64	11,58±1,02	30,40±2,41	21,18±3,17
	90.Gün	17,30±1,70	13,53±3,95	23,68±3,85	24,73±4,82
Sorbitol	1.Gün	14,64±1,10	9,43±1,10	22,35±2,76	19,95±0,42
	90.Gün	19,04±1,81	14,38±1,24	30,87±4,79	22,88±3,42
Yağlı ST	1.Gün	29,51±1,34	19,96±0,57	39,30±1,27	29,27±2,93
	90.Gün	26,75±2,05	17,35±1,20	36,37±5,98	23,25±4,17
Yağsız ST	1.Gün	23,38±4,21	16,85±2,12	38,35±5,44	26,68±2,32
	90.Gün	28,93±4,99	20,57±0,64	31,53±10,00	27,33±4,20

Reometre değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir. Varyans analizine göre, G' değeri üzerine malzemenin etkileşimi istatistiksel olarak önemli

bulunmuşken ($p < 0,05$), depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Çizelge 4.14 Dondurma örneklerine ait reometre değerleri varyans analizi

	Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	P
G'	Malzeme	441,131	4	110,283	60,866	0,000
	Gün	8,672	1	8,672	0,743	0,428
	Malzeme*Gün	53,979	4	13,495	1,157	0,428
G''	Malzeme	182,277	4	45,569	12,830	0,008
	Gün	29,161	1	29,161	12,250	0,017
	Malzeme*Gün	36,349	4	9,087	3,817	0,087
G*	Malzeme	435,199	4	108,800	7,774	0,023
	Gün	4,141	1	4,141	0,137	0,727
	Malzeme*Gün	180,214	4	45,054	1,490	0,332
Viscosity	Malzeme	94,306	4	23,577	1,812	0,264
	Gün	4,409	1	4,409	0,515	0,505
	Malzeme*Gün	66,287	4	16,572	1,937	0,243

Df: serbestlik derecesi; $0,01 < p < 0,05$: İstatistiksel olarak anlamlı, $0,001 < p < 0,01$: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı; $p < 0,001$: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, $p > 0,05$: İstatistiksel olarak anlamlı değil

Malzemelerin reometre değerleri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.15 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Dondurma örneklerine ait reometre değerlerinin malzeme etkileşimi üzerine Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	G'	G''	G*	Viscosity
Kontrol	21,05 a	13,31 a	27,57 ab	22,71 a
PAS	16,69 b	12,55 a	27,04 a	22,95 a
Sorbitol	16,84 b	11,90 a	26,61 a	21,41 a
Yağlı ST	26,15 c	18,66 b	37,84 b	26,26 a
Yağsız ST	28,13 c	18,71 b	34,94 ab	27,01 a

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p > 0,05$).

Tukey Q testi sonuçlarına göre, G' değerleri üzerine sorbitol ile peynir altı suyu tozu, yağlı süt tozu ile yağsız süt tozu arasında istatistiksel açıdan birbirlerinden fark olmadığı ($p > 0,05$), ancak kontrole göre farklı olduğu belirlenmiştir. G'' değeri üzerine kontrol, peynir altı suyu tozu ile sorbitol ile kaplanmış örnekler ve yağlı ile yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler arasında farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p > 0,05$). G* değerleri üzerinde kontrol, yağlı ve yağsız süt tozu ile

peynir altı suyu tozu ve sorbitol arasında istatistiksel açıdan fark önemsiz olduğu bulunmuştur ($p>0,05$). Viskozite değerleri arasında da malzemelerin etkileşimini etkisi önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın G'' üzerine önemli, diğerlerine göre istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 Dondurma örneklerine ait reometre değerlerinin depolama süresinin etkisinin bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	G'	G''	G^*	Viscosity
1.Gün	21,11 a	13,82 a	31,25 a	23,60 a
90.Gün	22,43 a	16,23 b	30,34 a	24,54 a

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.6 Dondurmaların *L. acidophilus* Sayısı ve Canlılık Oranları

Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* bakteri sayısı Çizelge 4.17'de verilmiştir. En yüksek *L. acidophilus* bakteri sayısı 1. gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en düşük bakteri sayısı ise 150. gün kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Ahmad vd. 2020 yoğurt dondurmasındaki probiyotiklerin canlı kalmasında elma kabuğu ekstraktındaki polifenollerin etkisi üzerine yaptığı çalışmada, *L. acidophilus* sayısının 90 günlük depolama süresince 7,41-10,33 log kob/g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Pandiyan vd. 2012 *L. acidophilus* ve *S. boulardii* nin dondurmada sinbiyotik gelişimi üzerine yaptıkları çalışmada 15 günlük depolama süresince *L. acidophilus* sayısının 7,05-8,95 logkob/g olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.17 Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* sayısı ve canlılık oranları

Malzeme	Gün	<i>L. acidophilus</i> (log kob/g)	Canlılık Oranı (%)
Kontrol	1.Gün	5,04±0,02	
	30.Gün	4,07±0,06	
	60.Gün	3,23±0,06	
	90.Gün	3,00±0,03	
	150. Gün	2,18±0,06	
PAS	1.Gün	9,95±0,14	96,79
	30.Gün	8,73±0,06	84,92
	60.Gün	8,00±0,03	77,82
	90.Gün	7,22±0,09	70,23
	150. Gün	6,88±0,02	66,93
Sorbitol	1.Gün	9,99±0,07	92,67
	30.Gün	8,70±0,03	80,71
	60.Gün	8,35±0,08	77,46
	90.Gün	8,08±0,08	74,95
	150. gün	7,23±0,08	67,07
Yağlı ST	1.Gün	10,05±0,09	90,30
	30.Gün	9,27±0,05	83,29
	60.Gün	8,47±0,03	76,10
	90.Gün	8,10±0,03	72,78
	150. Gün	7,69±0,09	69,10
Yağsız ST	1.Gün	9,91±0,12	93,14
	30.Gün	9,14±0,07	85,90
	60.Gün	8,80±0,03	82,71
	90.Gün	7,76±0,06	72,93
	150. Gün	7,32±0,05	68,80

L. acidophilus sayısının varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Varyans analizine göre, *L. acidophilus* sayısı üzerine malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.18 Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* sayısı varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Malzeme	599,485	4	149,871	33743,666	0,000
<i>L. acidophilus</i> Gün	133,563	4	33,391	6984,837	0,000
Malzeme*Gün	3,893	16	0,243	50,891	0,000

Df: serbestlik derecesi; 0,01< p <0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001< p <0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı; p <0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p >0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil

Malzemelerin *L. acidophilus* sayısı üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.19 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* sayısı üzerine malzemelerin etkisinin Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları

<i>L. acidophilus</i>	
Kontrol	3,51 a
PAS	8,16 b
Sorbitol	8,47 c
Yağlı ST	8,71 e
Yağsız ST	8,59 d

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

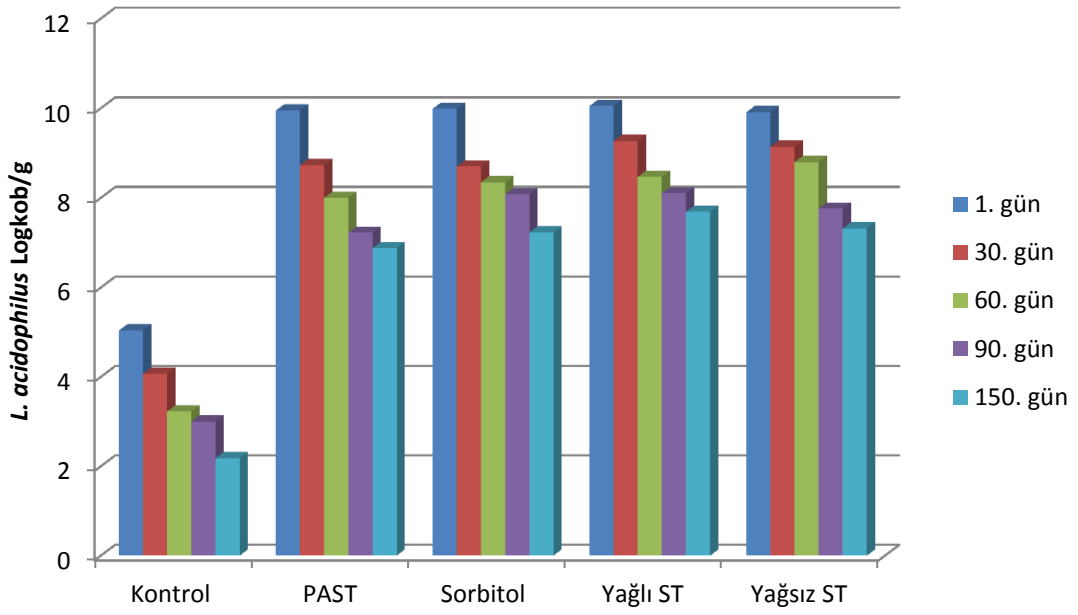
Tukey Q testi sonuçlarına göre örnekler arasında farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20 Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* sayısı üzerine depolama süresinin etkisinin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

<i>L. acidophilus</i>	
1.Gün	8,99 a
30.Gün	7,98 b
60.Gün	7,37 c
90.Gün	6,83 d
150. Gün	6,26 e

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi kontrol örneklerinin bakteri sayısının kaplama malzemelerine göre *L. acidophilus* sayısı daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kaplama malzemeler arasında da depolama süresince en yüksek sayıda olan yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir.

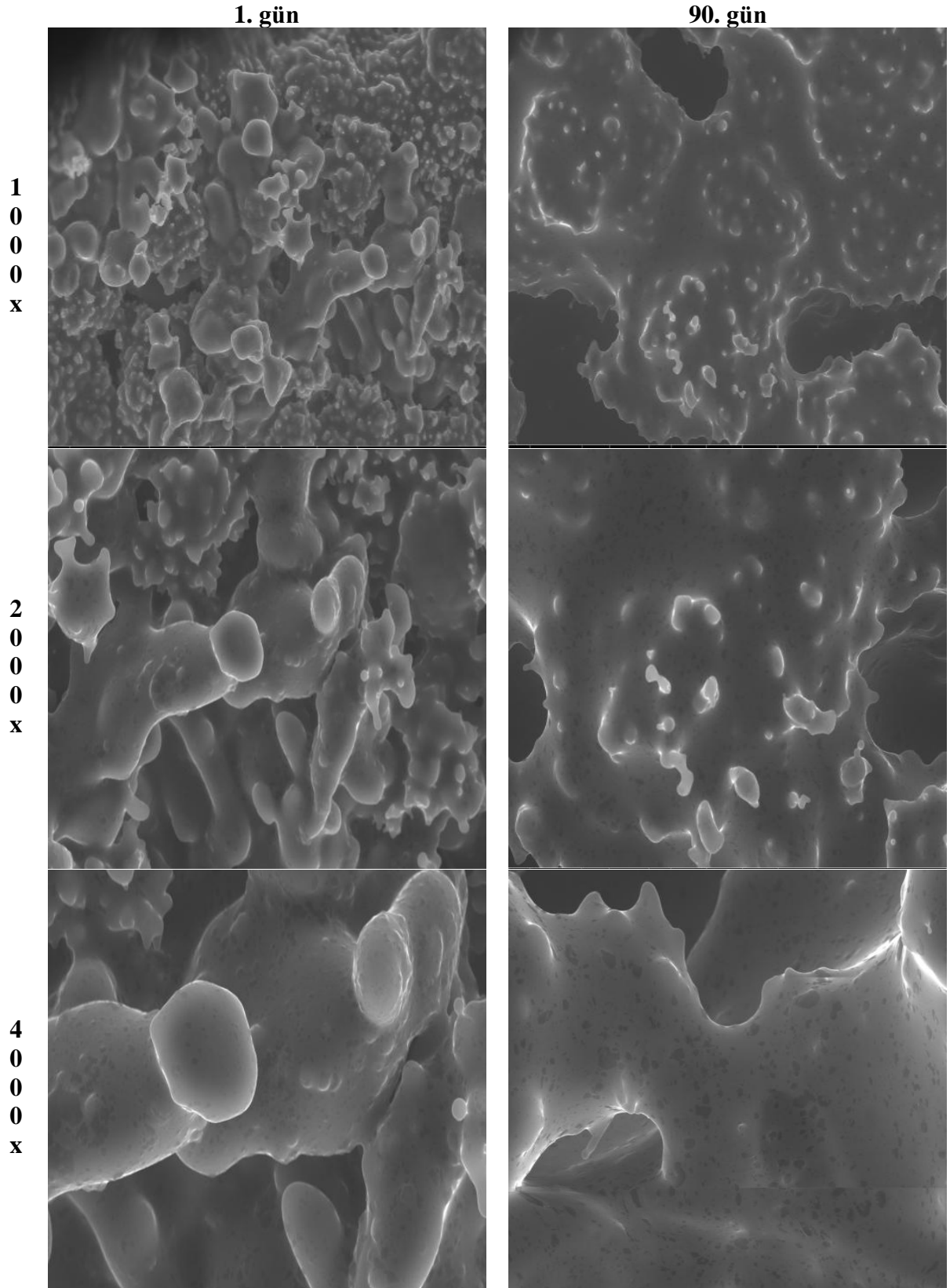


Şekil 4.1 Dondurma örneklerine ait *L. acidophilus* sayısı

4.7 Dondurmaların SEM Görüntüleri

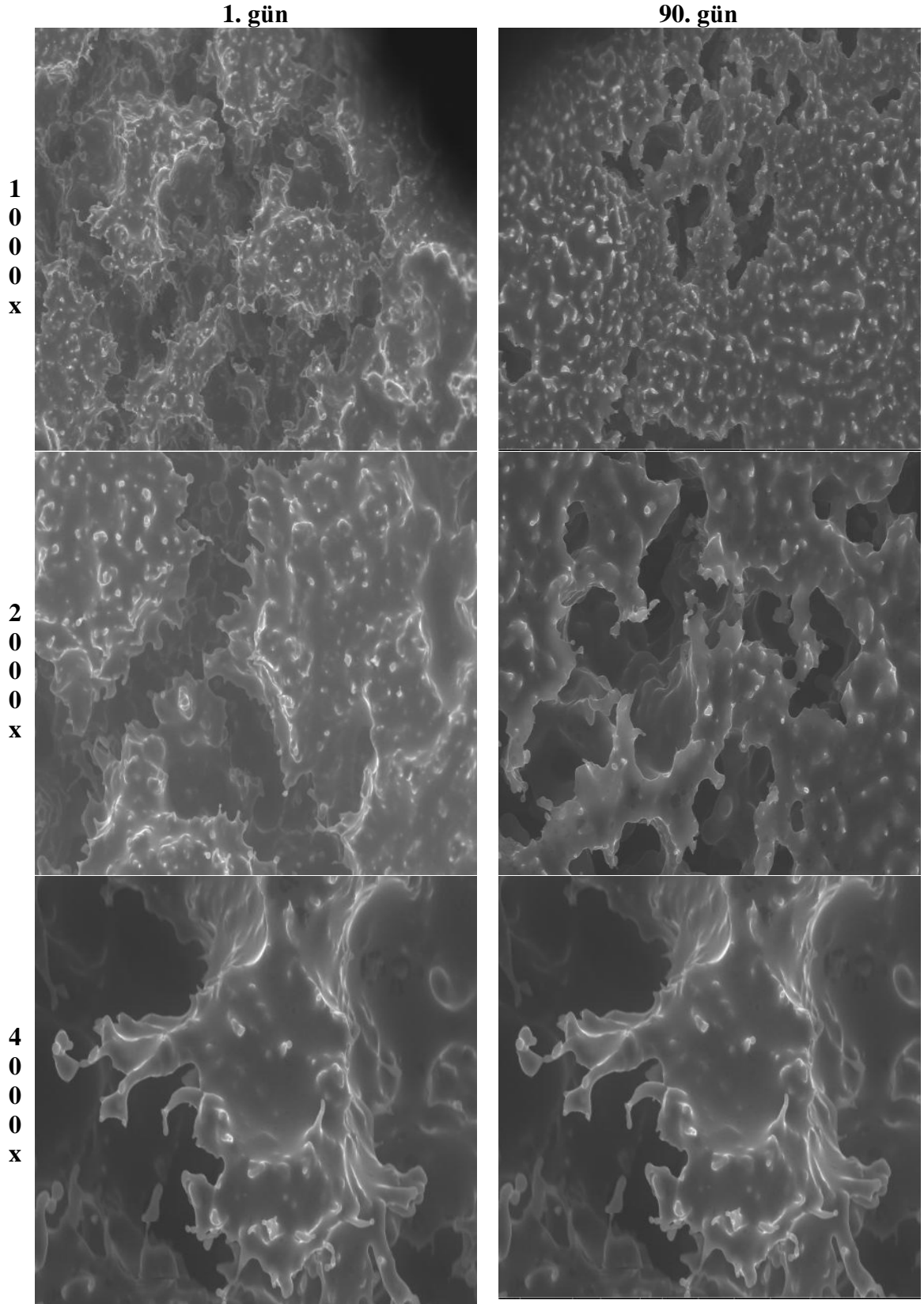
Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün SEM görüntüleri Resim 4.2’de verilmiştir.

Kontrol



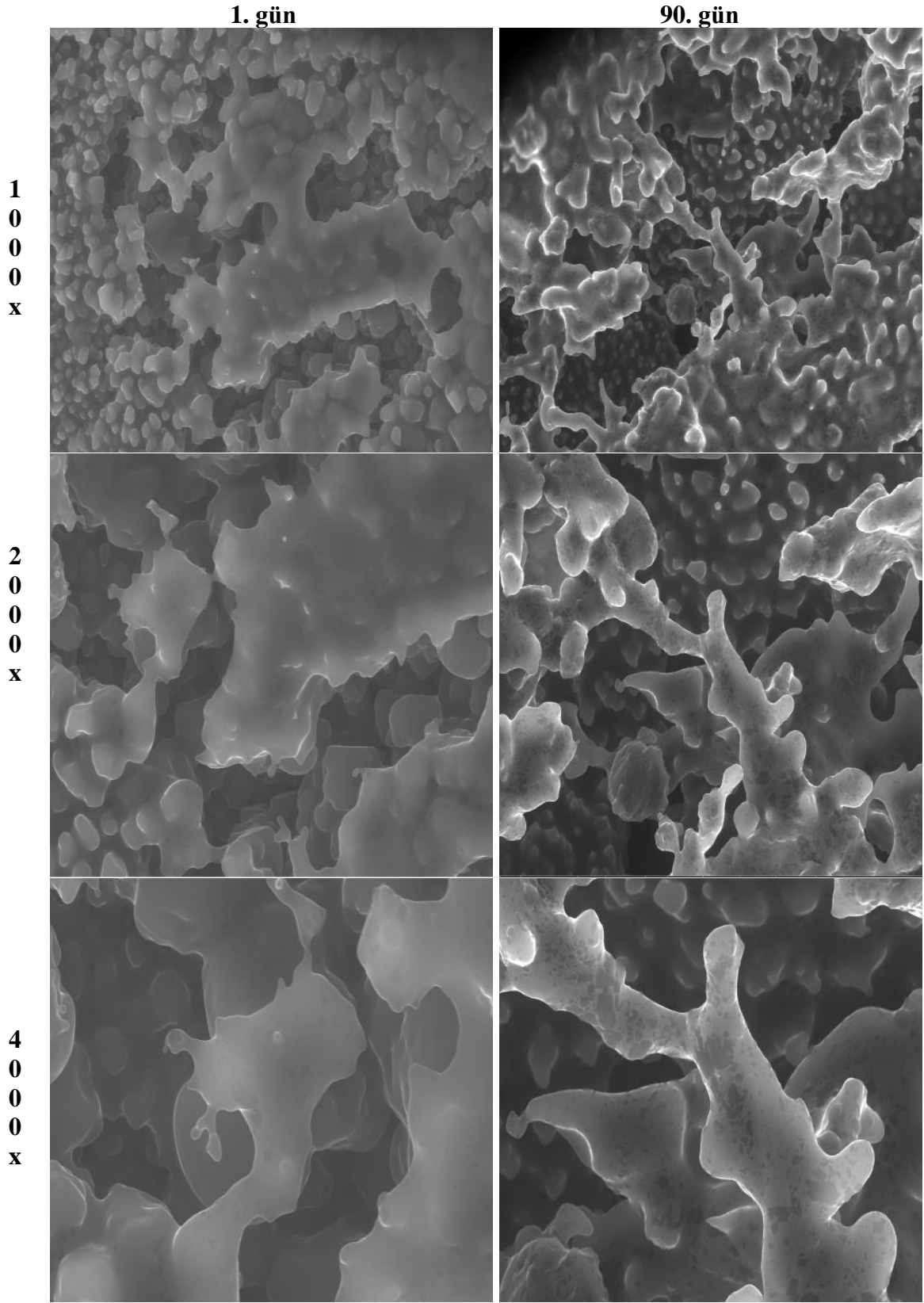
Resim 4.2 Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri

PAST

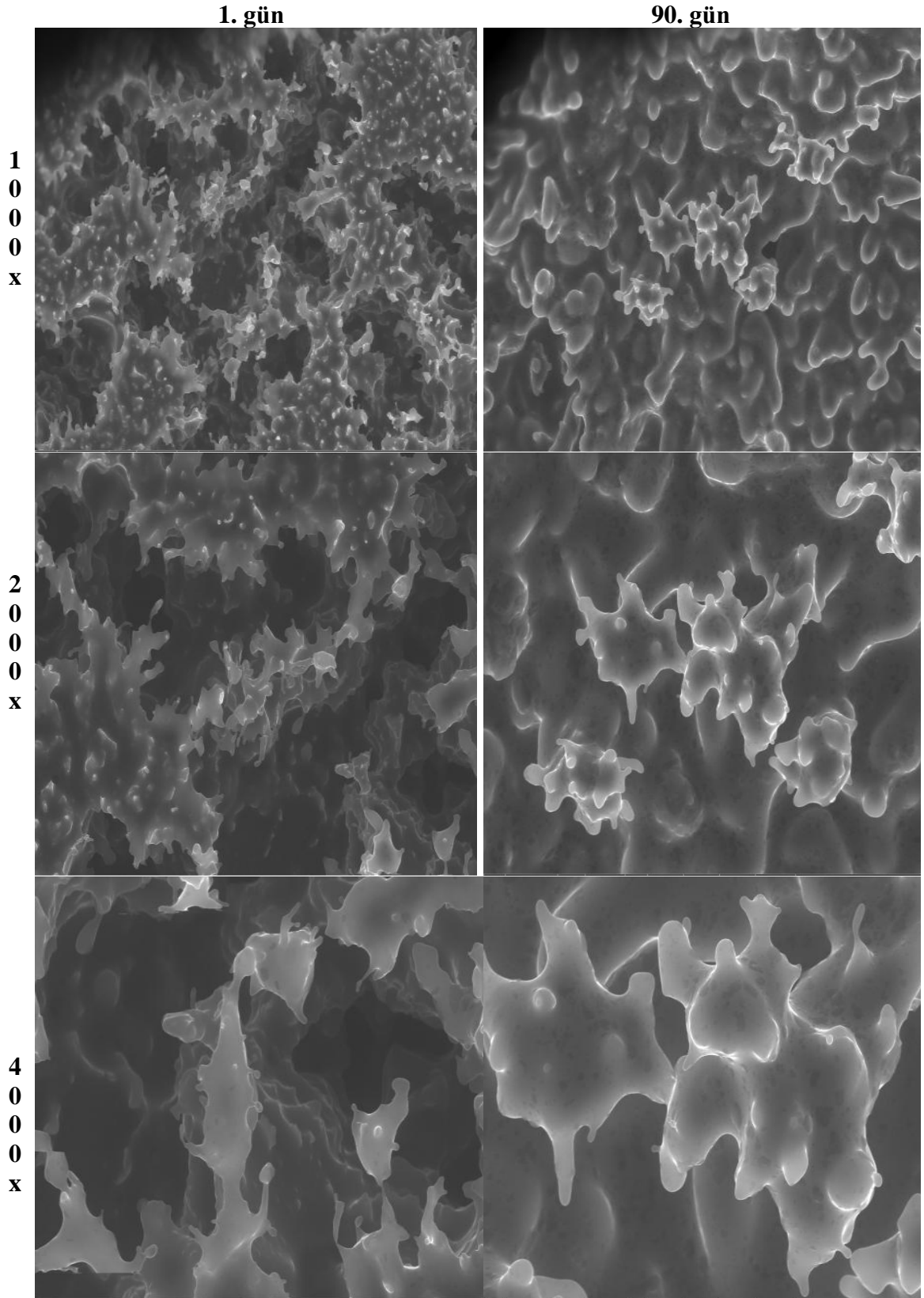


Resim 4.2 (Devam) Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri

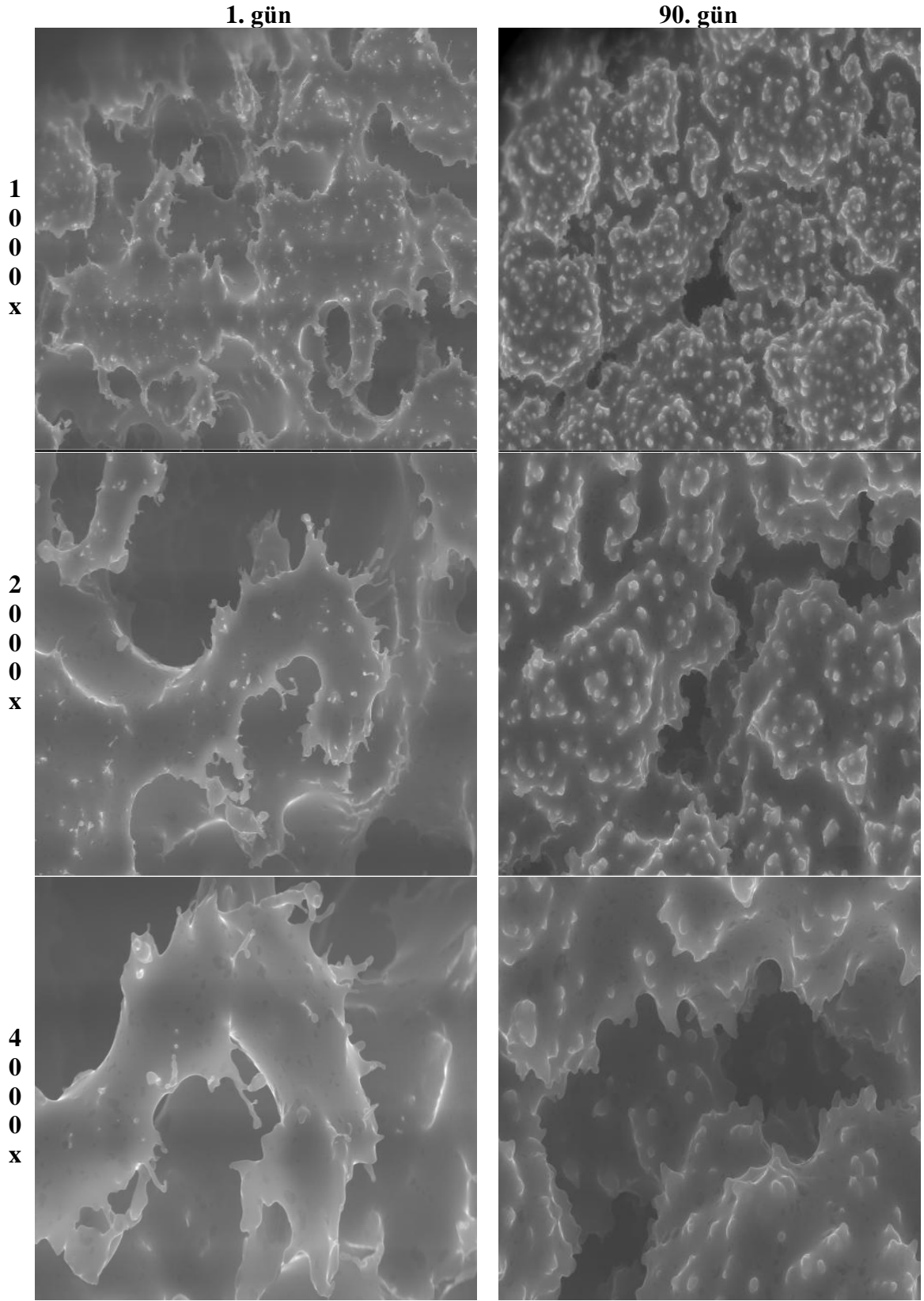
Sorbitol



Resim 4.2 (Devam) Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri



Resim 4.2 (Devam) Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri



Resim 4.2 (Devam) Dondurma örneklerine ait 1. ve 90. gün Cryo-SEM görüntüleri

Resim. 4.2’de de görüldüğü gibi kontrol örneklerinin mikroyapısal görüntüsünde buz kristallerinin yapısının dengeli bir dağılım gösterdiği ve ağsı ve ipliksi bir yapı gözlenmemiştir. Sorbitol ile kaplanmış dondurma örneklerinin yapısal özelliklerinin kontrole oranla daha dengeli bir buz kristali ve yapısal dağılımı belirlenmiştir. Bunun sebebinde sorbitolün miks içerisindeki homojen dağılımı ve şekerin yapıya düzeltici etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde dondurma örneklerinde yapısının kesikli ve kırıklı olduğu görülmüştür. Yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerinde kontrole göre hava kabarcıklarının daha az gözenekli yapıda olduğu tespit edilmiştir. Yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde de yağlı süt tozuna oranla daha sıkı, gözenekli yapıda olduğu belirlenmiştir.

4.8 Duyusal Özellikler

Dondurma örneklerine ait duyusal özellikler Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Dondurma örneklerine ait duyusal özellikler

Malzeme	Gün	Renk	Tat	Koku	Tekstür	Erimeye Direnci	Ağız Hissiyatı	Yabancı tat	Genel Kabul edilebilirlik
Kontrol	1.Gün	8,25±0,62	8,5±0,52	8,17±0,58	8,08±0,51	8,00±0,73	8,25±0,45	7,83±0,83	7,83±0,58
	30. Gün	8,00±0,74	8,08±0,47	7,94±0,26	8,25±0,45	7,91±0,47	7,79±0,62	7,91±0,36	8,00±0,56
	60. Gün	8,41±0,51	8,33±0,61	8,58±0,51	8,21±0,53	8,13±0,53	8,32±0,39	8,00±0,71	7,80±0,63
	90. Gün	8,42±0,67	8,58±0,42	8,40±0,47	8,27±0,44	8,07±0,16	8,33±0,39	8,03±0,61	8,26±0,39
PAST	1.Gün	8,25±0,62	8,17±0,58	7,92±0,29	8,00±0,60	7,92±0,67	7,92±0,51	8,08±0,67	7,91±0,51
	30. Gün	8,25±0,58	7,85±0,55	7,83±0,39	8,08±0,19	7,88±0,57	7,79±0,62	7,88±0,61	7,89±0,40
	60. Gün	7,93±0,62	8,06±0,78	8,17±0,62	8,04±0,83	8,15±0,62	7,88±0,61	8,21±0,72	8,08±0,47
	90. Gün	8,21±0,80	8,17±0,39	8,38±0,43	7,99±0,56	8,10±0,20	7,92±0,47	7,98±0,61	8,13±0,49
Sorbitol	1.Gün	8,42±0,51	8,50±0,52	8,17±0,72	8,50±0,52	8,50±0,67	8,67±0,48	8,17±0,83	8,54±0,50
	30. Gün	8,67±0,39	8,46±0,40	8,25±0,34	8,25±0,34	7,75±0,87	8,29±0,66	8,13±0,64	8,29±0,62
	60. Gün	8,75±0,45	8,67±0,49	8,34±0,75	8,46±0,54	8,13±0,60	8,64±0,44	8,29±0,62	8,49±0,53
	90. Gün	8,92±0,19	8,63±0,48	8,46±0,50	8,51±0,48	8,60±0,45	8,66±0,49	8,26±0,58	8,42±0,51
Yağlı Süt tozu	1.Gün	8,25±0,62	8,67±0,49	8,00±0,43	8,00±0,85	8,33±0,65	8,33±0,65	7,92±0,79	8,08±0,67
	30. Gün	8,42±0,47	7,83±0,49	7,92±0,47	8,00±0,37	8,23±0,39	7,92±0,70	7,92±0,47	8,06±0,58
	60. Gün	8,67±0,49	7,93±0,75	8,33±0,44	8,10±0,48	8,24±0,43	8,23±0,65	8,10±0,65	8,29±0,59
	90. Gün	8,71±0,45	8,63±0,48	8,25±0,40	8,21±0,69	8,08±0,90	8,24±0,76	8,08±0,67	8,23±0,70
Yağsız Süt tozu	1.Gün	8,00±0,60	7,92±0,29	8,00±0,60	7,67±0,49	7,92±0,79	7,25±0,45	8,21±0,72	7,54±0,50
	30. Gün	8,17±0,39	7,58±0,51	8,04±0,26	8,04±0,40	7,79±0,62	7,63±0,57	7,79±0,50	7,81±0,38
	60. Gün	8,48±0,44	7,74±0,60	7,92±0,51	8,21±0,39	8,24±0,39	7,82±0,73	7,92±0,67	7,78±0,44
	90. Gün	8,17±0,54	7,75±0,40	8,25±0,40	8,08±0,63	8,03±0,61	7,91±0,46	8,28±0,75	7,93±0,47

4.8.1 Renk

Dondurma örneklerine ait renk değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek renk değeri 90. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük renk değerleri 60. gün peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Renk değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, renk, malzeme üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0,05$) depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur $p>0,05$.

Malzemelerin renk değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örnekler ile sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan 90. günün önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22 Dondurma örneklerine ait duyuşal özelliklerin varyans analizi

	Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Renk	Malzeme	9,724	4	2,431	6,540	0,000
	Gün	2,550	3	0,850	3,008	0,032
	Malzeme*Gün	4,445	12	0,370	1,311	0,217
Tat	Malzeme	18,688	4	4,672	15,464	0,000
	Gün	6,289	3	2,096	7,885	0,000
	Malzeme*Gün	4,341	12	0,362	1,361	0,190
Koku	Malzeme	2,606	4	0,652	2,604	0,046
	Gün	5,151	3	1,717	7,381	0,000
	Malzeme*Gün	2,565	12	0,214	0,919	0,530
Tekstür	Malzeme	5,861	4	1,465	6,326	0,000
	Gün	1,033	3	0,344	1,122	0,342
	Malzeme*Gün	2,109	12	0,176	0,572	0,862
Erimeye Direnç	Malzeme	3,215	4	0,804	1,997	0,108
	Gün	3,130	3	1,043	2,970	0,034
	Malzeme*Gün	5,825	12	0,485	1,382	0,179
Ağız Hissiyatı	Malzeme	23,129	4	5,782	14,473	0,000
	Gün	3,904	3	1,301	4,416	0,005
	Malzeme*Gün	4,053	12	0,338	1,146	0,327
Yabancı Tat	Malzeme	1,853	4	0,463	1,054	0,388
	Gün	1,439	3	0,480	1,104	0,349
	Malzeme*Gün	2,054	12	0,171	0,394	0,964
Genel Kabuledilebilirlik	Malzeme	11,966	4	2,991	9,314	0,000
	Gün	1,574	3	0,525	1,929	0,127
	Malzeme*Gün	2,330	12	0,194	0,714	0,736

Df: serbestlik derecesi; 0,01<p<0,05: İstatistiksel olarak anlamlı, 0,001<p<0, 01: Yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı; p<0,001: Çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil

4.8.2 Tat

Dondurma örneklerine ait tat değeri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek tat değeri 60. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük renk değeri 30. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Tat değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, tat, malzeme ve depolama süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken (p<0,05) malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur p>0,05.

Malzemelerin tat değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler ile sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan 1. günün ile 30. ve 60. günlerin önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23 Dondurma örneklerine ait duyu analizleri üzerine malzemelerin etkisinin Tukey-Q çoklu karşılaştırma sonuçları

	Renk	Tat	Koku	Tekstür	E. Direnç	Ağız Hissiyatı	Yabancı Tat	Genel kabul edilebilirlik
Kontrol	8,27 ab	8,37 bc	8,28 a	8,20 ab	8,03 a	8,17 b	7,94 a	7,97 ab
PAST	8,16 a	8,06 ab	8,07 a	8,03 a	8,01 a	7,88 ab	8,04 a	8,01 ab
Sorbitol	8,69 c	8,56 c	8,30 a	8,43 c	8,27 a	8,57 c	8,21 a	8,44 c
Yağlı ST	8,51 bc	8,27 bc	8,13 a	8,08 a	8,22 a	8,18 b	8,00 a	8,17 bc
Yağsız ST	8,20 ab	7,75 a	8,05 a	8,00 a	8,00 a	7,65 a	8,05 a	7,77 a

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.8.3 Koku

Dondurma örneklerine ait koku değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek koku değeri 60. gün kontrol örneklerinde, en düşük koku değerleri 30. gün peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Koku değerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, depolama süresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0,05$) malzeme, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin koku değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, koku üzerine malzemelerin örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan 1. ve 30. günler ve 60 ile 90. günler arasında önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24 Dondurma örneklerine ait duyuusal özelliklerin depolama süresince etkileşiminin Bonferoni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Renk	Tat	Koku	Tekstür	Erimeye Direnç	Ağız Hissiyatı	Yabancı Tat	Genel kabuledi lebilirlik
1.Gün	8,23 a	8,35 b	8,05 ab	8,05 a	8,13 a	8,08 ab	8,04 a	7,98 a
30.Gün	8,30 a	7,96 a	8,00 a	8,13 a	7,91 a	7,88 a	7,93 a	8,01 a
60.Gün	8,45 a	8,15 a	8,27 b	8,21 a	8,18 a	8,18 ab	8,10 a	8,09 a
90.Gün	8,48 b	8,35 ab	8,35 b	8,21 a	8,20 a	8,21 b	8,13 a	8,19 a

a-c Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$).

4.8.4 Tekstür

Dondurma örneklerine ait tekstür değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek tekstür değeri 90. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük tekstür değerleri 1. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Tekstür değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, tekstür, malzemenin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0,05$) depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin tekstür değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

4.8.5 Erimeye Direnç

Dondurma örneklerine ait erimeye direnç değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek erimeye direnç değeri 90. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde,

en düşük erimeye direnç değerleri 30. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir.

Erimeye direnç değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi erimeye direnç üzerine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin erimeye direnç üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

4.8.6 Ağız Hissiyatı

Dondurma örneklerine ait ağız hissiyatı değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek ağız hissiyatı değeri 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük ağız hissiyatı değerleri 1. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Ağız hissiyatına değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, malzeme, depolama süresinin üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0,05$) malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur $p>0,05$.

Malzemelerin ağız hissiyatı üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, sorbitol, yağlı süt tozu ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan 30. gün ile 90. günün önemli olduğu tespit edilmiştir.

4.8.7 Yabancı Tat

Dondurma örneklerine ait yabancı tat değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek yabancı tat değeri 60. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük yabancı tat değerleri 30. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Yabancı tat değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, malzeme, depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Malzemelerin yabancı tat değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

4.8.8 Genel Kabuledilebilirlik

Dondurma örneklerine ait genel kabuledilebilirlik değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Örneklere ait en yüksek genel kabuledilebilirlik değeri 60. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde, en düşük genel kabuledilebilirlik değerleri 1. gün yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Genel kabuledilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları izelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizine göre, malzeme üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p < 0,05$) depolama süresinin, malzeme x depolama süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Malzemelerin genel kabuledilebilirlik değeri üzerindeki etkisine ait Tukey-Q oklu karşılaştırma testi sonuçları izelge 4.23 ve depolama süresinin etkileşimine ait Bonferoni testi sonuçları izelge 4.24’te verilmiştir.

Tukey Q testi sonuçlarına göre, yağsız süt tozu ile kaplanmış örnekler ile sorbitol ile kaplanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), diğer örnekler arasında farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p > 0,05$). Bonferoni testi sonuçlarına göre depolama süresince günler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı kaplama malzemeleri (yağlı süt tozu, yağsız süt tozu, peynir altı suyu tozu ve sorbitol) kullanılarak kaplanan mikroenkapsüle *L. acidophilus* dondurma üretiminde kullanılmıştır. Üretilen dondurmaların depolama süresince, fizikokimyasal, tekstürel, termal ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir.

-Mikroenkapsüle *L. acidophilus* sayıları arasında farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Başlangıçta 12 log inoküle edilen bakteri popülasyonu liyofilizasyon sonrasında yağlı süt tozu, sorbitol, yağsız süt tozu ve peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde sırasıyla 11,13, 10,78, 10,64, 10,28 log kob/g olarak belirlenmiştir. En yüksek canlılık oranı % 92,75 ile yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

-Mikroenkapsüle *L. acidophilus* SEM görüntüleri incelendiğinde sorbitol ile kaplanmış örneklerin ipliksi yapıda olması nedeniyle çözünürlüğünün en iyi olduğu tespit edilmiştir. PAST ile kaplanmış örneklerin görüntüsünde kırıklı yapıların olduğu belirlenmiştir. Yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde hava kabarcıklarının daha geniş ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde daha sıkı yapıda olduğu belirlenmiştir.

-Dondurma miksinin tekstürel özelliklerinde, yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde sertlik ve kıvamlılık değerlerinin sırasıyla 41,96 g, 58,65 g.s olduğu belirlenmiştir. Yapışkanlık değerleri en düşük 15,11 g yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde ve viskozite indeksi değerleri 14,05 g.s ile sorbitol ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

-Dondurma örneklerinde, protein % 3,78-3,81, kurumadde % 39,99-40,80, asitlik % 0,260-0,264, pH 6,28-6,31, L* değeri 87,38-90,53, a* değeri 0,98-1,67, b* değeri 7,33-10,09 arasında değiştiği belirlenmiştir. İlk erime süresi, tamamen erime süresi, sertlik ve hacim artışı üzerine kullanılan kaplama materyallerinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. İlk erime süresi, tamamen erime süresi, sertlik değerleri en düşük sırasıyla 13,31 dk., 71,72 dk., 9,95 N ile 1. gün sorbitol ile kaplanmış

örneklerde belirlenmiştir. Depolama periyodunun sonunda en yüksek ilk erime süresi, tamamen erime süresi ve sertlik değerleri sırasıyla 25,18 dk., 87,35 dk., 39,22 N olarak yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Hacim artışı değerlerinde ise en yüksek değer depolamanın başında % 41,98 ile sorbitol ile kaplanmış örneklerde, depolama sonunda ise % 23,94 ile yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde görülmüştür.

Dondurma örneklerinde termal özelliklerde en düşük Tonset değeri 1. Gün kontrol örneklerinde -16,02 °C, Tend değeri ise yağsız süt tozu örneğinde 9,31 °C olarak tespit edilmiştir. En yüksek enerji değerleri 90. Gün PAST ile kaplanmış örneklerde 141,68 J/g olarak belirlenmiştir.

Reolojik özellikler incelendiğinde en düşük G' , G'' , G^* ve vizkozite değerleri sırasıyla, 14,64 Pa, 9,43 Pa, 22,38 Pa, 19,95 Pa.s ile 1. gün sorbitol ile kaplanmış örneklerde belirlenmiştir. En yüksek G' , G^* ve viskozite değerleri 29,51 Pa, 39,30 Pa, 29,27 Pa.s ile 1. Gün yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde, en yüksek G'' ise 20,57 Pa ile yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Dondurma örneklerinin Cryo-SEM görüntüleri incelendiğinde, sorbitol ile kaplanmış örneklerin yapısının buz kristallerinin daha homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Yağlı ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerin hava boşluğunun olduğu ve yağsız süt tozu ile kaplanmış örneklerde daha sıkı bir yapı, peynir altı suyu tozu ile kaplanmış örneklerde kırıklı bir yapı gözlemlenmiştir.

Dondurma örneklerinin *L. acidophilus* sayıları incelendiğinde değişimin istatistiksel olarak önemli olduğunu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Dondurma örneklerinde depolama sürecinin başında, kontrol, peynir altı suyu tozu, sorbitol, yağlı süt tozu ve yağsız süt tozu örneklerindeki *L. acidophilus* sayıları sırasıyla, 5,04, 9,95, 9,99, 10,05, 9,91 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek canlılık oranı % 69,10 ile yağlı süt tozu ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. 150. gün sonunda dondurma örneklerindeki canlılık oranları sırasıyla Yağlı ST> Yağsız ST>Sorbitol>PAST olduğu görülmüştür.

Dondurma örneklerinin duyuşal özellikleri arasında da renk, tat, tekstür, ağız hissiyatı ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Duyusal olarak en beğenilen örneklerinin sorbitol ile kaplanmış örnekler olduğu bulunmuştur.

Günümüzde sağlıklı yaşam ve beslenme konusunda bilinçlenme, tüketicilerin besleyici özelliklerine ilaveten fizyolojikte fayda sağlayan fonksiyonel gıdalara talebi her geçen gün artmaktadır. Fonksiyonel ürünleri, hem tüketici beklentisi hem de beslenmenin sağlık üzerine etkisi özellikle de bazı gıdaların tedavi sürecinde katkısı üzerine yapılan çalışmalardan dolayı bu ürünleri ön plana çıkartmaktadır. Dünya'da hızla artan nüfus, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri gibi kronikleşen çevre sorunlarıyla başa çıkmaya çalışan ülkelerin en çok üzerinde durdukları konu, hastalıkların tedavisi değil ortaya çıkışının önlenmesidir. Bu sebeple sağlıklı ve sürdürülebilir bir beslenme politikasıyla fizyolojik etkilere sahip fonksiyonel gıdaların tüketiminin artırılmasıdır. Tüketiciler bilinçlenme ve farkındalık kazanmasıyla farklı fonksiyonel gıdaların arayışına yönelirken, firmalarda piyasaya sunabilecekleri ürün çeşitlerini genişletmek arayışındadırlar. Bu nedenle süt ürünleri içerisinde besleyici, formülasyonu kolaylıkla değiştirilen, her yaştan insanın severek tükettiği dondurmanın fonksiyonel özelliklerinin artırılarak piyasada kolaylıkla karşılık bulacağı düşünölmektedir. Mikroenkapsölasyon teknolojisi de son yıllarda gıda teknolojisinde birçok üründe kullanılarak belirli özelliklerin artırılması, geliştirilmesi için birçok çalışma yürütölmektedir. Gıdaların fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi için probiyotik bakterilerin kullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Probiyotiklerin gıda formülasyonuna ilave edilirken ve depolanma aşamasındaki kayıpları önlemek için mikroenkapsölasyon teknolojisi kullanılarak probiyotikler ilave edilmektedir. Bakterilerin kaplanma aşamasında farklı birçok kaplama malzemesi ve yöntemi kullanılmaktadır. Mikroenkapsölasyon aşamasında pek çok parametre bakterilerin canlılığını etkilemektedir. Kurutma prosesinin farklı yöntemlerle, farklı kriyoprepektan ajanlarla yapılması enkapsölasyonun etkinliği için oldukça önemlidir. Ayrıca probiyotik olarak tam özelliklerinin belirlenmesi için gastrointestinal sistemde yapay ortamda sindirim testleri yapılarak daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır. Bireysel olarak öne çıkan kaplama malzemeleri farklı oranlarda formölize edilerek yeni kaplama modelleri oluşturulabilir.

Dünya'da tüketicilerin fonksiyonel gıdalara olan ilgisinin arttığı düşünöldüğünde, ölkemizde de süt teknolojisine yeni süt ürünleri kazandırarak bunların terapötik ve diyetetik faydalarını tüketicilere anlatmak, daha sağlıklı bir diyete yönelmek isteyen tüketiciye seçme şansını sağlamak ve tüketimin arttırılmasına katkıda bulunmak düşöncesiyle yapılan bu çalışmanın, gelecekte yapılacak olan araştırmalara ve bu ürünün ticari olarak üretimine katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aboufazli Fatemeh, Ahmad Salihin Baba, Misni Misran, 2014, Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ice cream, *Food Science and Technology Research*, 20, 987-996.
- Acar H S, 2019, Farklı Ambalaj Materyallerinin Keçi Sütünden Üretilen Probiyotik Dondurmaların Kalitesi Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, İzmir.
- Açu M, 2014, Fonksiyonel Özellikleri Geliştirilmiş Dondurma Üretimi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 124s, İzmir.
- Afzaal M, Khan A U, Saeed F, Arshad M S, Khan M A, Saeed M, Maan A A, Khan M K, İsmail Z, Ahmed A, Tufail T, Ateeq H, Anjum F M, 2020, Survival and stability of free and encapsulated probiotic bacteria under simulated gastrointestinal conditions and in ice cream, *Food Science & Nutrition*, 8, 1649-1656.
- Afzaal M, Saeed F, Arshad M U, Nadeem M T, Saeed M, Tufail T, 2019, The effect of encapsulation on the stability of probiotic bacteria in ice cream and simulated gastrointestinal conditions, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 11, 1348-1354.
- Ahmad I, Khaliq A, Junaid M, Shahid M Q, Imran M, Rashid A A, 2020, Effect of polyphenol from apple peel extract on the survival of probiotics in yoghurt ice cream, *International Journal of Food Science & Technology*, 55, 2580-2588.
- Akal H C, 2011, Peyniraltı Suyu Tozu ve Yağsız Süttozunun Fermente Krema Üretiminde Kullanılması Üzerine Bir Çalışma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Ankara.
- Akalın A S, Karagözlü C, Ünal G, 2008, Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin, *European Food Research and Technology*, 227, 889-895.

- Akalin A S, Gonc S, Unal G, Fenderya S, 2007, Effects of fructooligosaccharide and whey protein concentrate on the viability of starter culture in reduced-fat probiotic yogurt during storage, *Journal of Food Science*, 72, 222-227.
- Akbulut M, 2019, Fe₃O₄@SiO₂@Aminometilfosfin-Ru(II) Ve Ni(II)Komplekslerinin Sentezi: D-Sorbitol Eldesinde Katalitik Özelliklerinin İncelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Kahramanmaraş.
- Akça S, 2019, Bitkisel Yağ ve Posalar Kullanılarak Üretilen Probiyotik Dondurmaların Kalite Özelliklerinin Araştırılması, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s, Manisa.
- Akın N, 2009, Dondurma Bilimi ve Teknolojisi, Damla Ofset, 437s, Konya.
- Akın M B, Akın M S, Vardin H, Eren L, 2009, Emülsiyon Tekniği ile Tereyağı İçerisinde Kapsüllenen *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*'un Stirred Tip Meyveli Yoğurtlarda ve in Vitro Koşullarda Canlı Kalma Süresinin Araştırılması, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 108O004, Şanlıurfa.
- Alibekiroğlu A, 2014, Farklı Oranlarda Taurin ve İnülin İlavesinin Probiyotik Yoğurt Dondurmalarının Fizikokimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Şanlıurfa.
- Altun B, Özcan T, 2013, Süt ürünlerinde probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonu II: Kaplama materyalleri ve süt ürünlerinde uygulamalar, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27, 105-114.
- Amil-Dias J, Kolacek S, Turner D, Pærregaard A, Rintala R, Afzal N A, Karolewska-Bochenek K, Bronsky J, Chong S, Fell J, Hojsa I, Hugot J P, Koletzko S, Kumar D, Lazowska-Przeorek I, Lillehei C, Lionetti P, Martin-de-Carpi J, Pakarinen M, Ruemmele F M, Shaoul R, Spray C, Staiano A, Sugarman I, Wilson D C, Winter H, Kolho K L, 2017, Surgical management of crohn disease in children: Guidelines from the Paediatric IBD Porto Group of ESPGHAN, *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64, 818-835.

- Anal A K, Singh H, 2007, Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, Trends in food science & technology, 18, 240-251.
- Anandharamakrishnan C, Rielly C D, Stapley A G F, 2010, Spray-freeze-drying of whey proteins at sub-atmospheric pressures, Dairy Science & Technology, 90, 321-334.
- Anjum N, Maqsood S, Masud T, Ahmad A, Sohail A, Momin A, 2014, *Lactobacillus acidophilus*: Characterization of the Species and Application in Food Production, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54, 1241-1251.
- Anonim, 2005, Koyulaştırılmış süt ve süttozu tebliği, Türk Gıda Kodeksi, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tebliğ No:2005/18.
- Anonymous, 2006, Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ. Tebliğ No: 2006/34.
- Anwar S H, Kunz B, 2011, The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying, Journal of Food Engineering, 105, 367–378.
- AOAC, Official Methods of Analysis, 1990, Association of Official Analysis Chemists, 15th Ed., Arlington, VA, USA.
- Arslan A A, Gocer E M C, Demir M, Atamer Z, Hinrichs J, Küçükçetin A, 2016, Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into ice cream using three different methods, Dairy Science & Technology, 96, 477-487.
- Aryana K J, Olson D W, 2017, A 100-year review: yogurt and other cultured dairy products, Journal of Dairy Science, 100, 9987–10013.
- Augustin M A, Margetts C L, 2003, Powdered Milk | Milk Powders in the Marketplace, In B. Caballero (Ed.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition) (4694-4702p), Oxford: Academic Press.

- Augustin M A, Clarke P T, Craven H, 2003, Powdered Milk | Characteristics of Milk Powders, In B. Caballero (Ed.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition) (4703-4711p), Oxford: Academic Press.
- Bakır E, 2015, Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir Çalışma, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Kahramanmaraş.
- Bolla P A, Serradell Mde L, de Urraza P J, De Antoni G L, 2011, Effect of freeze-drying on viability and in vitro probiotic properties of a mixture of lactic acid bacteria and yeasts isolated from kefir, Journal of Dairy Research, 78, 15-22.
- Buchheim W, 1982, Aspects of sample preparation for freeze-fracture/freeze-etch studies of proteins and lipids in food systems. A review, Food Structure, 1, 189-208.
- Bull M, Plummer S, Marchesi J, Mahenthiralingam E, 2013, The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success, FEMS Microbiol Letters, 349, 77–87.
- Buran İ, 2020, Probiyotik ve Prebiyotiklerin Sinbiyotik Kullanımının İnek ve Keçi Sütünden Üretilen Kefirlerin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 187s, Ankara.
- Burns P, Vinderola G, Molinari F, Reinheimer J, 2008, Suitability of whey and buttermilk for the growth and frozen storage of probiotic lactobacilli, International Journal of Dairy Technology, 61, 156-164.
- Butnariu M, Sarac I, 2019, Functional food, International Journal of Nutrition, 3, 7-16.
- Camelo-Silva C, Barros E L S, Canella M H M, Verruck S, Prestes A A, Vargas O M, Maran B M, Esmerino E A, Silva R, Balthazar C F, Calado V M A, Prudencio E S, 2021, Application of skimmed milk freeze concentrated in production of ice cream: physical, chemical, structural and rheological properties, Food Science and Technology, 1-9.
- Champagne C P, Ainsley Reid A, Gardner N, Fustier P, Vuilleumard J C, 2006, Survival in food systems of *Lactobacillus rhamnosus* R011 microentrapped in whey protein gel particles, Journal of Food Science, 72, 31-37.

- Chen M, Mustapha A, 2012, Survival of freeze-dried microcapsules of a-galactosidase producing probiotics in a soy bar matrix, *Food Microbiology* 30, 68-73.
- Chen W, Hang F, 2019, Lactic acid bacteria starter. In W. Chen (Ed.), *Lactic Acid Bacteria: Bioengineering and Industrial Applications* (1st ed.), Singapore: Springer.
- Cotrell J I L, Pass G, Philips G O, 1979, Assesment of pollysaccharides as ice cream cream stabilizers, *Journal of Science Food Agricultural*, 30, 1085-1088.
- Cruz G A, Adriane E C, Sousa O P, Faria A F, Saad M I, 2009, Ice-cream as a probiotic food carrier, *Food Research International*, 42, 1233–1239.
- Çağlar E, Kuşcu O, Kuvetli S, Cildir S K, Sandalli N, Twetman S, 2008, Short-term effect of ice-cream containing *Bifidobacterium lactis* Bb-12 on the number of salivary mutants streptococci and lactobacilli, *Acta Odontologica Scandinavica*, 66, 154–158.
- Çakır İ, 2006, Mikroenkapsülasyon tekniğinin probiyotik gıda üretiminde kullanımı, 9. Gıda Kongresi Bolu, 693-696.
- Çakır İ, İşleyen M F, Erge H S, 2010, Probiyotiklerde Mikroenkapsülasyon Tekniğinin Mikrobiyolojik Stabilite, Oksijen Toksisitesi, In Vitro Protein Sindirilebilirliği ve Duyusal Özellikler Üzerine Etkilerinin Araştırılması, (TÜBİTAK-TOVAG Kariyer Proje No: 106O559, 2007-2010) Proje Sonuç Raporu, 86s.
- Çakmakçı S, Çetin B, Turgut T, Gürses M, Erdoğan A, 2012, Probiotic properties, sensory qualities and storage stability of probiotic banana yogurts, *Turkish Journal of Veterinary And Animal Sciences*, 36, 231-237.
- Çam G, 2020, Farklı Oranlarda Yenilebilir Bitkisel Lif Kullanılarak Üretilen Probiyotik Dondurmaların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s, Konya.
- Çelikel A, Göncü B, Akın M B, Akın M S, 2018, Süt Ürünlerinde Probiyotik Bakterilerin Canlılığını Etkileyen Faktörler, *Yaşam Bilimleri Dergisi*, 8, 59-68.

- Çetin H, 2014, Karanfil Uçucu Yağının Siklodekstrinler ile Mikroenkapsülasyonu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Ankara.
- Da Silva P D L, Bezerra M F, Santos K M O, Correia R T P, 2015, Potentially Probiotic Ice Cream From Goat's Milk: Characterization and Cell Viability During Processing, Storage and Simulated Gastrointestinal Conditions, LWT - Food Science and Technology, 62, 452-457.
- Daşnik F, 2014, Glukoz Oksidaz ve Askorbik Asit İlavesinin Simbiyotik Dondurmalarındaki Probiyotik Bakterilerin Canlılığı Üzerine Etkileri, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Şanlıurfa.
- Davidson R H, Duncan S E, Hackney C R, Eigel W N Boling J W, 2000, Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yoğurt characteristics, Journal Dairy Science, 83, 666-673.
- Dayısoylu K S, Gezginç Y, Cingöz A, 2014, Fonksiyonel gıda mı, fonksiyonel bileşen mi? Gıdalarda fonksiyonellik, Gıda, 39, 57-62.
- De Araújo Etchepare M, Raddatz G C, De Moraes Flores É M, Zepka L Q, Jacob-Lopes E, Barin J S, De Menezes C R, 2016, Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate, LWT-Food Science and Technology, 65, 511-517.
- De Giulio B, Orlando P, Barba G, Coppola R, De Rosa M, Sada A, De Prisco P P, Nazzaro F, 2005, Use of alginate and cryo-protective sugars to improve the viability of lactic acid bacteria after freezing and freeze-drying, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 21, 739-746.
- Değirmenci C, 2017, Utilization of Whey Powder in the Encapsulation of *Lactobacillus acidophilus* by Spray Drying For The Production of Probiotic Yogurt, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 143s, Ankara.
- Deis R C, Kearsley M W, 2012, Sorbitol and mannitol. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology (second edition), Wiley-Blackwell, 331-346.
- Delikanlı B, Özcan T, 2015, Probiyotik içeren yenilebilir filmler ve kaplamalar, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28, 59-70.

- Dervişoğlu M, 1995, Bileşimce Zenginleştirilmiş İnek Sütlerine Kola Konsantresi ve Aroma Maddesi Katılarak İşlenen Dondurmaların Bazı Nitelikleri Üzerine Bir Araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Samsun.
- Dias C O, Dos Santos Opuski de Almeida J, Pinto S S, de Oliveira Santana F C, Verruck S, Müller C M O, Prudêncio E S, de Mello Castanho Amboni R D, 2018, Development and physico-chemical characterization of microencapsulated bifidobacteria in passion fruit juice: A functional non-dairy product for probiotic delivery, *Food Bioscience*, 24, 26-36.
- Doherty S B, Auty M A, Stanton C, Ross R P, Fitzgerald G F, Brodkorb A, 2012, Survival of entrapped *Lactobacillus rhamnosus* GG in whey protein micro-beads during simulated ex vivo gastro-intestinal transit, *International Dairy Journal*, 22, 31-43.
- Doherty S B, Gee V L, Ross R P, Stanton C, Fitzgerald G F, Brodkorb A, 2010, Efficacy of whey protein gel networks as potential viability-enhancing scaffolds for cell immobilization of *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Journal of Microbiological Methods*, 80, 231-241.
- Doherty S B, Gee V L, Ross R P, Stanton C, Fitzgerald G F, Brodkorb A, 2011, Development and characterisation of whey protein micro-beads as potential matrices for probiotic protection, *Food Hydrocolloids*, 25, 1604-1617.
- Dolly P, Anishparvin A, Joseph G S, Anandharamakrishnan C, 2011, Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (mtcc 5422) by spray-freeze-drying method and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions, *Journal of Microencapsulation*, 28, 568-574.
- Donkor O N, 2007, Influence of probiotic organisms on release of bioactive compounds in yoghurt and soy yoghurt, Victoria University, School of Molecular Sciences, Faculty of Health, Engineering and Science, PhD Thesis, 282p.
- Dubey R, Shami T C, Rao B K U, 2009, Microencapsulation technology and applications, *Journal of Defence Science*, 59, 82-95.

- Eckert C, Serpa V G, dos Santos A C F, da Costa S M, Dalpabel V, Lehn D N, de Souza C F V, 2017, Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 through spray drying and using dairy whey as wall materials, LWT-food science and technology, 82, 176-183.
- EFSA, 2016, Update of the list of Qps-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 4: suitability of taxonomic units notified to EFSA until March 2016, EFSA Journal, 14, e04522.
- Erbaş M, 2006, Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Erdoğan F, 2013, Mikroenkapsüle edilen nar kabuğu fenolik bileşiklerinin dondurma üretiminde kullanılma olanaklarının araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Kayseri.
- Ergin F, 2013, Farklı sıcaklık-süre kombinasyonlarında ısı stresi maruz bırakılan *L. acidophilus*'un dondurma üretiminde kullanımının araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Antalya.
- Ergin F, Atamer Z, Arslan A A, Gocer E M C, Demir M, Samtlebe M, Hinrichs J, Küçükçetin A, 2016, Application of cold-and heat-adapted *Lactobacillus acidophilus* in the manufacture of ice cream, International Dairy Journal, 59, 72-79.
- Esen M K, 2017, Peyniraltı Suyu Tozu Kullanımının Kefir Yoğurdunun Özellikleri Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137s, Adana.
- Evren M, Apan M, Tutkun Şıvgın E, Öztürk R, 2011, Usage of the Whey in the Fermentation Technology, 4th International Congress on Food and Nutrition together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, 12-14 October Istanbul.
- FAO/WHO, 2001, Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria–Joint Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization Expert Consultation Report, Córdoba, Argentina.

- George Kerry R, Patra J K, Gouda S, Park Y, Shin H S, Das G, 2018, Benefaction of probiotics for human health: A review, *Journal of Food and Drug Analysis*, 26, 927-939.
- Ghosh S, Sudha M, 2012, A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products, *International Journal of Food Science Nutrition*, 63, 372-379.
- Gibson G R, Hutkins R, Sanders M E, Prescott S L, Reimer R A, Salminen S J, Scott K, Stanton C, Swanson K S, Cani P D, Verbeke K, Reid G, 2017, The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics, *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14, 491-502.
- Goff H D, 2008, 65 years of ice-cream science, *International Dairy Journal*, 18, 754–758.
- Goff H D, Hartel R W 2013, *Ice Cream*, 7th Edition, Springer, 462p, US.
- Goldstein E J C, Tyrrell K L, Citron D M, 2015, *Lactobacillus* species: Taxonomic complexity and controversial susceptibilities. *Clinical Infectious Diseases*, 60, 98–107.
- Gómez-Mascaraque L G, Miralles B, Recio I, López-Rubio A, 2016, Microencapsulation of a whey protein hydrolysate within micro-hydrogels: Impact on gastrointestinal stability and potential for functional yoghurt development, *Journal of Functional Foods*, 26, 290-300.
- Góral M, Kozłowicz K, Pankiewicz U, Góral D, 2018, Magnesium enriched lactic acid bacteria as a carrier for probiotic ice cream production, *Food Chemistry*, 239, 1151-1159.
- Gökmen S, Palamutoğlu R, Sarıçoban C, 2012, Gıda endüstrisinde enkapsülasyon uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7, 36-50.
- Granato D, Branco G F, Nazzaro F, Cruz A G Faria J A F, 2010, Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 292–302.

- Grembecka M, 2015, Sugar alcohols-their role in the modern world of sweeteners: a review, *European Food Research Technology* 241, 1-14.
- Günay E, 2018, Çeşitli Şeker İkamelerinin Düşük Kalorili Dondurma Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s, Uşak.
- Güngör Ö, 2013, Zeytinyağının Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Mikroenkapsülasyonunun D-Optimal Dizayn İle Optimizasyonu, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 147s, İzmir.
- Gürsoy O, Kınık Ö, Gönen İ, 2005, Probiyotikler ve Gastrointestinal Sağlığa Etkileri, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 35, 136-148.
- Güven M, Karaca O B, 2002, Değişen Şeker İçeriği ve Meyve Konsantrasyonunun Vanilya ve Meyveli Dondurma Tipi Dondurulmuş Yoğurtların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri, *Uluslararası Süt Teknolojisi Dergisi*, 55, 27-31.
- Hansen A P, Mocquot G, 1970, *Lactobacillus acidophilus* (Moro) Comb. Nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 20, 325-327.
- Haque M K Roos Y H, 2006, Differences in the physical state and thermal behavior of spray-dried and freeze-dried lactose and lactose/protein mixtures, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7, 62-73.
- Heckly R J, 1961, Preservation of bacteria by lyophilization, In W. W. Umbreit (Ed.), *Advances in Applied Microbiology* (Vol. 3, pp. 1-76), Academic Press.
- Hill D, Sugrue I, Tobin C, Hill C, Stanton C, Ross R P, 2018, The *Lactobacillus casei* group: History and health related applications, *Frontiers in Microbiology*, 10, 2107.
- Huang C H, Li S W, Huang L, Watanabe K 2018, Identification and classification for the *Lactobacillus casei* group, *Frontiers in Microbiology*, 9, 1974.
- İlter U Z, 2019, Balkabaklı Dondurmada Farklı Stabilizörlerin Etkilerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Sakarya.
- İşleyen A N 2020, Çeşitli kaynaklardan izole edilen endojen mayaların probiyotik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonun bu özellikler

- üzerinde etkisinin araştırılması, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 152s, Bolu.
- İşleyen M F, Çakır İ, 2016, Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of viability in storage conditions and in food, *Research Journal of Biotechnology*, 11, 31-37.
- İşleyen M F, 2010, Mikroenkapsülasyon Tekniğinin *Lactobacillus acidophilus* Kpb4b ve *Lactobacillus rhamnosus* Kpb7 Probiyotik Kültürlerinin Stabilitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s, Bolu.
- Jafari S M, Assadpoor E, He Y, Bhandari B, 2008, Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying, *Drying Technology*, 26, 816–835.
- Jimenez-Florez R, Klipfel N J, Tobias J, 1993, Dondurma ve dondurulmuş tatlılar. In: Hui YH (ed) *Süt bilimi ve teknolojisi el kitabı*, 2. Ürün imalatı. VCH Yayıncıları, 57p, New York.
- Jurkiewicz C, Boscarioli M P M, Ferreira R G, Ribeiro E P, Prieto W H, Kunigk L, 2011, Microencapsulation of Probiotic Bacteria with Alginate and Prebiotic and Evaluation of Survival in Ice Cream, *Maua Institute of Technology*, São Caetano do Sul, Brazil.
- Kabak B, Var I, 2005, Probiyotik bakterilerin canlılığının korunmasında enkapsülasyon tekniğinin kullanımı, *Gıda Kongresi İzmir*, 326-329.
- Kandil M, 2019, Bazı probiyotik bakterilerin gelişmesi üzerine ksantan gaminin etkisi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 183s, Bursa.
- Kaushik P, Dowling K, Barrow C J, Adhikari B, 2015, Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods, *Journal of Functional Foods*, 19, 868–881.
- Kavaz Yüksel A, Yüksel M, Şat İ G, 2017, Determination of certain physicochemical characteristics and sensory properties of green tea powder (matcha) added ice creams and detection of their organic acid and mineral contents, *Gıda*, 42, 116-126.

- Kawai T, Ohshima T, Shin R, Ikawa S, Maeda N, 2016, Determination of the antibacterial constituents produced by Lactobacilli against a periodontal pathogen: Sodium lactate and a low molecular weight substance, Journal of Probiotics & Health, 4, 1-7.
- Kılınç M, Şevik R, 2021, Jeotermal Enerjiyle Kurutulan Alıç Meyvesinin (*Crataegus tanacetifolia*) Dondurmanın Bazı Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24, 963-968.
- Kır R, 2007, Farklı Tip Yağ kullanımının dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal kalite özellikleri üzerine etkisi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Konya.
- Kitts D D, Weiler K, 2003, Bioactive proteins and peptides from food sources, Applications of bioprocesses used in isolation and recovery, Current Pharmaceutical Design, 9, 1309-1323.
- Kneifel W, 2003, Recombined and filled milks. In B. Caballero (Ed.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition) (4921-4926p). Oxford: Academic Press.
- Koç M, Sakin M, Kaymak Ertekin F, 2010, Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 77-86.
- Köroğlu Ö, Bakır E, Uludağ G, Köroğlu S, 2015, Kefir ve sağlık, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 18, 26-30.
- Krasaekoopt W, Bhandari B, Deeth H, 2003, Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt: A review, International Dairy Journal, 13, 3-23.
- Kurt A, 1993, Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metodları Rehberi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 238s, Erzurum.
- Kuşçu H, 2015, Probiyotik Dondurmanın Kalite Özellikleri Üzerine Farklı Oranlarda Prebiyotik Lif İçeren Stevia® Özü İlavesinin Etkisi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Şanlıurfa.

- Küçükçetin A, Milci S, Demir M, 2009, Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Probiyotik Dondurmaların Bazı Probiyotik Özellikleri ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Proje No:107O438, 148s.
- Küçüköner E, 2011, Peynir Tozu ve Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, Ankara, 80-85.
- Laokuldilok T, Kanha N, 2015, Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying, LWT-Food Science and Technology, 64, 405–411.
- Lim S Y, Swanson B G, Ross C F, Clark S, 2008, High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body end texture of low fat ice cream, Journal of Dairy Science, 91, 1308-1316.
- Maden İ F, 2020, Stevia İle Tatlandırılmış Meyveli Dondurma Üretimi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Erzurum.
- Mansri C, 2020, Badem Ununun Bazı Probiyotik Bakterilerin Gelişmesi Üzerine Etkisi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Bursa.
- Markowiak P, Ślizewska K, 2017, Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health, Nutrients, 9, 1-30.
- Martins I M, Chen Q, Chen C Y O, 2017, Wild plants, mushrooms and nuts: Functional food properties and applications: Emerging functional foods derived from almonds, First Edition. Ed.: Ferreira, I.C.F.R., Morales, P., Barros, L., John Wiley & Sons, Ltd., 445-469p.
- Metin M, 2016, Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Yayınları, 10. Baskı, Rektörlük Yayın No:9, Ege Üniversitesi Basımevi, 439s, İzmir.
- Mishra R, Tandon S, Rathore M, Banerjee M, 2016, Antimicrobial efficacy of probiotic and herbal oral rinses against candida albicans in children: A randomized clinical trial, International Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 9, 25.

- Mu R J, Yuan Y, Wang L, Ni Y, Li M, Chen H, Pang J, 2018, Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* with konjac glucomannan hydrogel, Food Hydrocolloids, 76, 42-48.
- Muthukumarasamy P, Allan-Wojtas P, Holley R A, 2006, Stability of *Lactobacillus reuteri* in different types of microcapsules, Journal of Food Science volume:71.
- Mutlu C, Erbaş M, 2020, D-Glikozdan D-Sorbitol ve L-Askorbik Asit Üretimi: Bu Bileşiklerin Özellikleri, Kullanım Alanları ve Sağlık Üzerine Etkileri, Gıda, 45, 92-102.
- Nedović V, Kalušević A, Manojlović V, Lević S, Bugarski B, 2011, An overview of encapsulation technologies for food applications, Procedia Food Science, 1, 1806–1815.
- Nedović V, Kalušević A, Manojlović V, Petrović T, Bugarski B, 2013, Advances in Food Process Engineering Research and Applications, Boston, MA, 214 Springer US.
- Neffe-Skocińska K, Rzepkowska A, Szydłowska A, Kołożyn-Krajewska D, 2018, Trends and Possibilities of the Use of Probiotics in Food Production Alternative and Replacement Foods, Chapter 3, 65-94.
- Nongonierma A B, FitzGerald R J, 2015, Bioactive properties of milk proteins in humans, *Peptides*, 18, 20-34.
- Orla-Jensen S, 1919, The lactic acid bacteria, Mem. acad. roy. sci. Danemark, Sect. Science, 8, 81-197.
- Otero M C, Espeche M C Nader-Macías M E, 2007, Optimization of the freeze-drying media and survival throughout storage of freeze-dried *Lactobacillus gasseri* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. delbrueckii* for veterinarian probiotic applications, Process Biochemistry, 42, 1406-1411.
- Özbek A Z, 2018, Kabak Çekirdeği Yağının Mikroenkapsülasyonunun Optimizasyonu, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 308s, Manisa.

- Özdemir N, 2019, Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Uçucu Yağının Püskürterek Kurutma Tekniği ile Mikroenkapsülasyonu ve Model Üründe Uygulanması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 119s, Ankara.
- Özdemir N, 2013, Karabiber (*Piper nigrum* L.) Oleorezininin Dondurarak Kurutma Tekniği ile Mikroenkapsülasyonu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Ankara.
- Özer E, Açu M, Kesenkaş H, Kınık Ö, 2012, Probiyotik taşıyıcısı olarak dondurma, Süt Dünyası Dergisi, 39, 52-54.
- Özer Ö, 2015, Gıda Endüstrisinde Peynir Altı Suyu Tozundan Biyoaktif Peptidlerin İzolasyonu, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İstanbul.
- Pandiyan C, Villi R A, Kumaresan G, Murugan B, Gopalakrishnamurthy T R, 2012, Development of synbiotic ice cream incorporating *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces boulardii*, International Food Research Journal, 19, 1233-1239.
- Parussolo G, Busatto R T, Schmitt J, Pauletto R, Schons P F, Ries E F, 2017, Synbiotic ice cream containing yacon flour and *Lactobacillus acidophilus* NCFM, LWT-Food Science and technology, 82, 192-198.
- Paulo F, Santos L, 2017, Design of experiments for microencapsulation applications: A review, Materials Science and Engineering C, 77, 1327–1340.
- Poncelet D, 2009, Microencapsulation Methods and Technologies, COST865 Summer School on Bioencapsulation, Course Notes, Anzere, 194p, Switzerland.
- Rajam R, Karthik P, Parthasarathi S, Joseph G S, Anandharamakrishnan C, 2012, Effect of whey protein–alginate wall systems on survival of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* in simulated gastrointestinal conditions, Journal of Functional Foods, 4, 891-898.
- Ranadheera C S, Evans C A, Adams M C, Baines S K 2015, Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12 and *Propionibacterium jensenii* 702 by spray drying in goat's milk, Small Ruminant Research, 123, 155-159.

- Rodrigues D, Sousa S, Rocha-Santos T, Silva J P, Sousa Lobo J M, Costa P, Amaral M H, Pintado M M, Gomes A M, Malcata F X, Freitas A C, 2011, Influence of L-cysteine, oxygen and relative humidity upon survival throughout storage of probiotic bacteria in whey protein-based microcapsules, *International Dairy Journal*, 21, 869-876.
- Rogers S, Wu W D, Saunders J, Chen X D, 2008, Characteristics of milk powders produced by spray freeze drying, *Drying Technology*, 26, 404-412.
- Saber A, Yari Khosroushahi A, Faghfoori Z, Seyyedi M, Alipour B, 2019, Molecular identification and probiotic characterization of isolated yeasts from Iranian traditional dairies, *Progress in Nutrition* 71, 445-457.
- 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, 2964-2971.
- Sanz Y, 2007, Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of Bifidobacterium: A way of selecting improved probiotic strains, *International Dairy Journal*, 17, 1284–1289.
- Sarabandi K, Mahoonak A S, Hamishekar H, Ghorbani M, Jafari S M, 2018, Microencapsulation of casein hydrolysates: Physicochemical, antioxidant and microstructure properties, *Journal of Food Engineering*, 237, 86-95.
- Sarıoğlu Y A, 2015, Düşük Kalorili Dondurma Üretiminde Doğal Tatlandırıcı Olarak Stevya Ekstraktı Kullanımının Ürünün Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 101s, İzmir.
- Saxelin M, Korpela R, Mayara-Makinen A, 2003, Introduction: Classifying functional dairy products. In T. T. Mattila-Sandholm & M. Saarela (Eds.), *Functional dairy products*, Boca Raton: CRC Press., 1–16p.
- Sedefoğlu S, 2014, Enkapsülasyon İşleminin Dondurma Depolama Periyodu Boyunca Probiyotik *Lactobacillus acidophilus* Stabilitesi Üzerine Etkisi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Erzurum.
- Sengsaengthong S, Oonsivilai R, 2019, Effect of microencapsulation of *Lactobacillus* sp. 21C2-10 isolated from cassava pulp on physicochemical,

- sensorial and microbiological characteristics of ice cream, *International Food Research Journal*, 26, 585-594.
- Sert D, Mercan E, Dertli E, 2017, Characterization of lactic acid bacteria from yogurt-like product fermented with pine cone and determination of their role on physicochemical, textural and 441 microbiological properties of product, *LWT*, 78, 70-76.
- Shahidi F, Zhong Y, 2008, Bioactive peptides, *Journal of AOAC International*, 91, 914-931.
- Shoji A S, Oliveira A C, Balieiro J D C, Freitas O D, Thomazini M, Heinemann R J B, Okuro P K, Favaro-Trindade C S 2013, Viability of *L. acidophilus* microcapsules and their application to buffalo milk yoghurt, *Food and Bioproducts Processing*, 91, 83-88.
- Shori A B, 2017, Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit, *Hayati Journal of Biosciences*, 24, 1-5.
- Shu G, Wang Z, Chen L, Wan H, Chen H, 2018, Characterization of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in goat milk powder and tablet: Optimization of the composite cryoprotectants and evaluation of storage stability at different temperature, *LWT-Food Science and Technology*, 90, 70-76.
- Silva K C G, Cezarino E C, Michelon M, Sato A C K, 2018, Symbiotic microencapsulation to enhance *Lactobacillus acidophilus* survival, *LWT*, 89, 503-509.
- Silva P D L, Bezerra M F, Santos K M O, Correia R T P, 2015, Potentially probiotic ice cream from goat's milk: Characterization and cell viability during processing, storage and simulated gastrointestinal conditions, *LWT-Food Science and Technology*, 62, 452-457.
- Songtummin S, Leenanon B, 2016, Survival of *Lactobacillus acidophilus* TISTR1338 and *Lactobacillus casei* TISTR390 in probiotic Gac ice cream, *International Food Research Journal*, 23, 790-796.
- Soukoulis C, Fisk I D, Bohn T, 2014, Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting Ingredients: Conceptualization and overview of quality and

- storage stability, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 627-655.
- 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, 665-671.
- Sultana K, Godward G, Reynolds N, Arumugaswamy R, Peiris P, Kailasapathy K, 2000, Encapsulation of probiotic bacteria with alginate–starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt, *International Journal of Food Microbiology*, 62, 47-55.
- Sun Z, Harris H M, McCann A, Guo C, Argimon S, Zhang W, Yang X, Jeffery I B, Cooney J C, Kagawa T F, Liu W, Song Y, Salvetti E, Wrobel A, Rasinkangas P, Parkhill J, Rea M C, O'Sullivan O, Ritari J, Douillard F P, Paul Ross R, Yang R, Briner A E, Felis G E, de Vos W M, Barrangou R, Klaenhammer T R, Caufield P W, Cui Y, Zhang H, O'Toole P W, 2015, Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera, *Nature Communications*, 29, 8322.
- Şahin B, 2019, Keten Tohumu ve Zencefil Oleoresinlerinin Mikroenkapsülasyonu ve Enkapsülasyon Parametrelerinin Optimizasyonu, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Çankırı.
- Şener A, 2009, Serbest ve Mikroenkapsüle Probiyotik Bakterilerin Ticari Dondurma Üretiminde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 139s, Ankara.
- Şimşek E, 2016, Gobdin ve *Bifidobacterium bifidum* İlavesiyle Üretilen Dondurmaların Probiyotik Raf Ömrü ve Kalite Özelliklerinin Tespiti, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Erzurum.
- Tonguç İ E, 2006, Probiyotik Ayran Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133s, İzmir.

- Topçuoğlu E, 2019, Badem Sütü ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Üretimi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138s, Bursa.
- Tuohy K M, Probert H M, Smejkal C W, Gibson G R, 2003, Using probiotics and prebiotics to improve gut health, *Drug Discovery Today*, 8, 692-700.
- Turgut T, Çakmakçı S, 2003, Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanımı, Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, 22-23 Mayıs, İzmir, 277-281.
- Turgut T, 2006, Bazı Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanım İmkanları, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 168s, Erzurum.
- Turgut T, Çakmakçı S, 2009, Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture, *International Journal of Dairy Technology*, 62, 444-451.
- Tsvetkov T, Brankova R, 1983, Viability of micrococci and lactobacilli upon freezing and freeze-drying in the presence of different cryoprotectants, *Cryobiology*, 20, 318-323.
- Türkmen N, Gürsoy A, 2017, Fonksiyonel dondurma, *Akademik Gıda*, 15, 386-395.
- Türkmen N, 2019, Bazı Yabani Orkide Türlerinden Elde Edilen Saleplerin Maraş Usulü Dondurma Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 168s, Ankara.
- Uçal E, 2020, Tam Yağlı Süt Tozu Üretiminin Ekserjetik Açından Değerlendirilmesi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s, Adana.
- Ummadi M, Curic-Bawden M, 2008, Use of protein hydrolysates in industrial starter culture fermentations, In *Protein Hydrolysates in Biotechnology*, 91-114. Springer Netherlands.
- Uran H, Aloğlu Ş H, Çetin B, 2017, Probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonu, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30, 107-112.

- Uymaz B, 2010, Probiyotikler ve kullanım alanları, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 95-104.
- Üçok G, 2020, Ekşi hamurlardan izole edilen *Lactobacillus plantarum* türünün dondurarak kurutulmasında farklı sütçülük yan ürünlerinin kriyoprotektif rollerinin belirlenmesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 183s, Konya.
- Üçüncü M, 2018, Süt ve mamülleri teknolojisi, Sıdaş yayınları, 6. Baskı, 571s.
- Ünal E, Erginkaya Z, 2010, Probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonu, Gıda, 35, 297-304.
- Vinderola G, Champagne C P, Desfossés-Foucault É, 2019, The production of lactic acid bacteria starters and probiotic cultures: An industrial perspective. In G. Vinderola, A. Ouwehand, S. Salminen and A. von Wright (Eds.), Lactic acid bacteria: Microbiological and Functional Aspects. Boca Raton: CRC Press.
- Wan M L, Forsythe S J, El-Nezami H, 2018, Probiotics interaction with foodborne pathogens: a potential alternative to antibiotics and future challenges, Critical Reviews Food Science Nutrition, 5, 1-14.
- Würth R, Foerst P, Kulozik U, 2018, Effects of skim milk concentrate dry matter and spray drying air temperature on formation of capsules with varying particle size and the survival microbial cultures in a microcapsule matrix, Drying Technology, 36, 93-99.
- Yaşlı B, 2010, *Lactobacillus acidophilus* KPb1 ve *Lactobacillus reuteri* NRRLB-14171 Probiyotik Kültürlerinin Koazervasyon Yöntemi ile Kaplanmasının ve Dondurmaya İlavesinin Kültürlerin Canlılık Düzeyleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97s, Bolu.
- Ye Q, Georges N, Selomulya C, 2018, Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products, Trends in Food Science & Technology, 78, 167-179.
- Yıldırım Ç, Güzeler N, 2015, Peyniraltı suyu ve yayıkaltının toz olarak değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28, 11-20.

- Yılmaz L, 2006, Yoğurt Benzeri Fermente Süt Ürünleri Üretiminde Farklı Probiyotik Kültür Kombinasyonlarının Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 156s, Bursa.
- Yılmaz T M, 2014, Ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterilerinin bazı gıdaların tekstürel, reolojik ve mikroyapısal özelliklerine etkisi, Tübitak Proje sonuç Raporu, Proje No: 12O169, 175s, İstanbul.
- Ying D Y, Phoon M C, Sanguansri L, Weerakkody R, Burgar I, Augustin M A, 2010, Microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG powders: Relationship of powder physical properties to probiotic survival during storage, Journal of Food Science, 75, 588-595.
- Zanjani M A K, Ehsani M R, Ghiassi Tarzi B, Sharifan A, 2018, Promoting *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium adolescentis* survival by microencapsulation with different starches and chitosan and poly L- lysine coatings in ice cream, Journal of Food Processing and Preservation, 42, 1-10.
- Zárate G, Nader-Macias M E, 2006, Viability and biological properties of probiotic vaginal lactobacilli after lyophilization and refrigerated storage into gelatin capsules, Process Biochemistry, 41, 1779-1785.
- Zeren R, 2015, Yetişkin Bireylerin Probiyotik Besinler Hakkında Bilgi Düzeyi ve Tüketim Durumlarının Belirlenmesi, Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, İstanbul.

İnternet Kaynakları

- 1-<http://www.suttozaturkiye.com/peynir-alti-suyu-tozu-2/peyniralti-suyutozu-kullanım Alanlari.html>, 01.07.2017.
- 2-http://www.denib.gov.tr/files/downloads/sirku_ekleri/2014-16-ek1-1.pdf, 04.02.2017.
- 3-http://www.agri.ankara.edu.tr/sut/1333__Peyniralti_suyu_Mesleki_Uygulama.pdf, 04.02.2017.
- 4-<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190227-5-1.pdf> , 22.04.2021.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet KILINÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya/13.04.1988
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05393048572 / mkilinc@aku.edu.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mükrimin Halil Yabancı Dil Ağırlıklı Lise,
(2002-2006)
Lisans : Selçuk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
(2008-2012)
Yüksek Lisans : Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2013-2015)
Doktora : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2015-2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü (2017-devam ediyor)

Yayımları (SCI ve diğer) :

Kılınç M, Şevik R, 2021, Jeotermal Enerjiyle Kurutulan Alıç Meyvesinin (*Crataegus tanacetifolia*) Dondurmanın Bazı Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24, 963-968.