

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

**FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK
DONDURMA ÜRETİMİ**

DOKTORA TEZİ

Elif SEZER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

NİSAN 2023

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

**FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK
DONDURMA ÜRETİMİ**

DOKTORA TEZİ

Elif SEZER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ahmet AYAR

NİSAN 2023

Elif Sezer tarafından hazırlanan “FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK DONDURMA ÜRETİMİ” adlı tez çalışması 28.04.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof Dr. Ahmet AYAR (Danışman) Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Suzan ÖZTÜRK YILMAZ Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Ömer EREN Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Hayri COŞKUN Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Gökçe POLAT YEMİŞ Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK DONDURMA ÜRETİMİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, etik kurul onay belgesi aldığımı, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim (28/04/2023).

Elif SEZER





Aileme,



TEŞEKKÜR

Lisans ve doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet AYAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın tez savunma jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Suzan ÖZTÜRK YILMAZ, Prof. Dr. Ömer EREN, Prof. Dr. Hayri COŞKUN ve Doç. Dr. Gökçe POLAT YEMİŞ'e emekleri için teşekkür ederim.

Duyusal analiz panelistlerim, Prof. Dr. Arzu Çağrı MEHMETOĞLU, Prof. Dr. Suzan ÖZTÜRK YILMAZ, Doç. Dr. Gökçe POLAT YEMİŞ, Dr. Öğr. Üyesi Güliz HASKARACA, Dr. Öğr. Üyesi İnci CERİT, Dr. Öğr. Üyesi Semanur YILDIZ, Arş. Gör. Fikriye Alev AKÇAY, Yovita RAHMASARI ve Aulia Lukman HAKİM'e emekleri için teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2020-7-25-36 Doktora Tez Projesi) teşekkür ederim.

Elif SEZER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Fonksiyonel Gıdalar	2
1.2. Fermantasyon, Fermente Süt Ürünleri ve Laktik Asit Bakterileri	3
1.3. Yoğurt Bakterileri	7
1.4. Probiyotikler	9
1.4.1. <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>	14
1.4.2. Probiyotik olarak kullanılan sporlu bakteriler	15
1.5. Prebiyotikler	21
1.5.1. Buğday lifi	22
1.5.2. İnülin	23
1.6. Dondurma	24
1.7. Yoğurt Dondurması ve Probiyotik Dondurma	31
1.8. Çalışmanın Amaçları	38
2. MATERYAL VE YÖNTEM	41
2.1. Materyal	41
2.2. Üretim Yöntemi	42
2.2.1. Fermente süt örneklerinin hazırlanışı	42
2.2.2. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinin hazırlanışı	43
2.3. Analiz Yöntemleri	45
2.3.1. Mikrobiyolojik kalite analizi	45
2.3.2. Canlı bakteri ve spor sayımları	45
2.3.2.1. <i>L. bulgaricus</i> ve <i>L. rhamnosus</i> sayımları	45
2.3.2.2. <i>S. thermophilus</i> sayımı	45
2.3.2.3. <i>S. clausii</i> ve <i>W. coagulans</i> sayımları	45
2.3.3. Duyusal analizler	46
2.3.4. Fiziksel analizler	46
2.3.4.1. Viskozite tayini	46
2.3.4.2. Hacim artışının (%) hesaplanması	46
2.3.4.3. Erime testi	47
2.3.4.4. Renk analizleri	47
2.3.4.5. Tekstürel analizler	47
2.3.4.6. Yağ destabilizasyon oranı (%) tayini	48

2.3.5. Kimyasal analizler.....	48
2.3.5.1. pH ve % asitlik tayini	48
2.3.5.2. Kuru madde tayini	48
2.3.5.3. Protein tayini	49
2.3.5.4. Yağ tayini	49
2.3.6. Termal analizler.....	50
2.3.7. Kalori değerinin hesaplanması	50
2.3.8. İstatistiksel analizler	50
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
3.1. Mikrobiyolojik kalite.....	53
3.2. Canlı bakteri sayımı.....	53
3.2.1. Ana kültür ve ara kültürler	53
3.2.2. Fermente sütler	55
3.2.3. Miks ve dondurmalar	58
3.3. Duyusal kalite	65
3.4. Fiziksel özellikler	71
3.4.1. Viskozite.....	71
3.4.2. Hacim artışı	72
3.4.3. İlk damlama ve tamamen erime süreleri	74
3.4.4. Renk değerleri (L^* , a^* , b^* , WI, YI, ve ΔE)	77
3.4.5. Tekstürel özellikler.....	82
3.4.6. Yağ destabilizasyonu.....	88
3.5. Kimyasal özellikler.....	90
3.5.1. pH ve asitlik (%)	90
3.5.2. Kuru madde, protein ve yağ	93
3.6. Termal özellikler	96
3.7. Kalori değeri	98
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR.....	105
EKLER	129
ÖZGEÇMİŞ	133

KISALTMALAR

AOAC	: Association of Official Analytical Chemists (Resmî Analitik Kimyacılar Derneği)
ATCC	: American Type Culture Collection (Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu)
CMC	: Carboxymethyl cellulose (Karboksimetil selüloz)
Co.	: Company (Şirket)
DSC	: Differential Scanning Calorimetry (Diferansiyel Taramalı Kalorimetri)
FAO	: Food and Agriculture Organization (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
FDA	: Food and Drug Association (ABD Gıda ve İlaç İdaresi)
GMO	: Gliserol Monoleat
GMS	: Gliserol Monostearat
GRAS	: Generally Recognise as Safe (Genellikle güvenli olarak kabul edilen)
LGG	: <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> Gorbach Goldin
Ltd.	: Limited
MRS	: de Man Rogosa Sharpe
MTCC	: The Microbial Type Culture Collection and Gene Bank (Mikrobiyal Tip Kültür Koleksiyonu ve Gen Bankası)
OGYEA	: Oxytetracyclin Glucose Yeast Extract Agar
PAS	: Peyniraltı Suyu Tozu
PCA	: Plate Count Agar
PET	: Polietilen Tereftalat
spp.	: Species plural (Türler)
TSA	: Tryptic Soy Agar
UHT	: Ultra High Temperature
VRBA	: Violet Red Bile Agar
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)



SİMGELER

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrad derece
a/a	: ağırlık/ağırlık
a/h	: ağırlık/hacim
$\text{C}_{21}\text{H}_{42}\text{O}_4$	: Gliserol monostearat
g	: Gram
g/cm^3	: Gram/santimetre küp
h/a	: Hacim/ağırlık
H_2SO_4	: Sülfürik asit
kcal/g	: Kilokalori/gram
mJ	: Milijoule
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mm/s	: Milimetre/saniye
mm^2	: Milimetrekare
s	: Saniye
WI	: Whiteness index (Beyazlık indeksi)
YI	: Yellowness index (Sarılık indeksi)
ΔE	: Toplam renk değişimi



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Bazı <i>Lactobacillus</i> cinsi bakterilerin isim değişiklikleri.....	7
Tablo 1.2. Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'nde (Tarih: 26.01.2017/Sayı: 29960) geçen gıda ürünlerinde probiyotik mikroorganizma beyan koşulu	11
Tablo 1.3. Gıda ürünlerinde kullanılan çeşitli probiyotik mikroorganizmalar.....	13
Tablo 1.4. Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği (Tebliğ No: 2022/13)'ne göre dondurmanın bileşimi	25
Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan kültürlerin taksonomik adlandırmaları	41
Tablo 2.2. Dondurma örneklerinin nihai miks reçeteleri	43
Tablo 2.3. Üretilen dondurmaların örnek planı	44
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kültür örneklerinin bakteri sayıları.....	55
Tablo 3.2. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği bakteri sayıları	57
Tablo 3.3. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği <i>S. clausii</i> ve <i>W. coagulans</i> spor sayıları.....	58
Tablo 3.4. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki yoğurt bakterisi ve probiyotik bakteri sayıları.....	59
Tablo 3.5. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki canlı kalabilirlik (%).....	63
Tablo 3.6. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki <i>S. clausii</i> ve <i>W. coagulans</i> spor sayıları (log kob/g)	64
Tablo 3.7. Dondurma örneklerinin duyuşal değerlendirme puanları (1. Bölüm).....	67
Tablo 3.8. Dondurmaların örneklerinin duyuşal değerlendirme puanları (2. Bölüm)	70
Tablo 3.9. Yoğurt dondurmaları ve probiyotik dondurmaların viskozite değerleri ..	72
Tablo 3.10. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri	73
Tablo 3.11. Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri	75
Tablo 3.12. Dondurma örneklerinin tamamen erime süreleri	76
Tablo 3.13. Dondurma örneklerinin L* değerleri	77
Tablo 3.14. Dondurma örneklerinin a* değerleri	78
Tablo 3.15. Dondurma örneklerinin b* değerleri.....	79
Tablo 3.16. Dondurma örneklerinin WI değerleri.....	80
Tablo 3.17. Dondurma örneklerinin YI değerleri.....	81
Tablo 3.18. Dondurma örneklerinin renk değişimi (ΔE) değerleri	82
Tablo 3.19. Dondurma örneklerinin sertlik değerleri.....	83
Tablo 3.20. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin sertlik değerleri	84
Tablo 3.21. Dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri	85
Tablo 3.22. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri.....	86
Tablo 3.23. Dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri	87
Tablo 3.24. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri	88
Tablo 3.25. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri	89
Tablo 3.26. Fermente süt örneklerinin pH ve asitlik değerleri.....	91

Tablo 3.27. Dondurma örneklerinin pH değerleri	92
Tablo 3.28. Dondurma örneklerinin asitlik değerleri	93
Tablo 3.29. Dondurma örneklerinin kuru madde değerleri	94
Tablo 3.30. Dondurma örneklerinin protein ve yağ değerleri	95
Tablo 3.31. Dondurma örneklerinin termal özellikleri.....	97
Tablo 3.32. Dondurma örneklerinin kalori değerleri (kcal/100 g)	98



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Dondurma örneklerinin üretim şeması	44
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ana ve ara kültür örneklerinin canlı bakteri sayıları	55
Şekil 3.2. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği bakteri sayıları	57
Şekil 3.3. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği <i>S. clausii</i> ve <i>W. coagulans</i> spor sayıları.....	58
Şekil 3.4. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki yoğurt bakterisi ve probiyotik bakteri sayıları	59
Şekil 3.5. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki canlı kalabilirlik (%)	63
Şekil 3.6. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki <i>S. clausii</i> ve <i>W. coagulans</i> spor sayıları (log kob/g)	64
Şekil 3.7. Dondurma örneklerinin duysal değerlendirme puanları (1. Bölüm)	68
Şekil 3.8. Dondurma örneklerinin duysal değerlendirme puanları (2. Bölüm)	71
Şekil 3.9. Dondurma örneklerinin viskozite değerleri	72
Şekil 3.10. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri.....	73
Şekil 3.11. Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri.....	75
Şekil 3.12. Dondurma örneklerinin tamamen erime süreleri	76
Şekil 3.13. Dondurma örneklerinin L* değerleri	77
Şekil 3.14. Dondurma örneklerinin a* değerleri.....	78
Şekil 3.15. Dondurma örneklerinin b* değerleri	79
Şekil 3.16. Dondurma örneklerinin WI değerleri	80
Şekil 3.17. Dondurma örneklerinin YI değerleri	81
Şekil 3.18. Dondurma örneklerinin delta E (ΔE) değerleri.....	82
Şekil 3.19. Dondurma örneklerinin sertlik değerleri	83
Şekil 3.20. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerin sertlik değerleri	84
Şekil 3.21. Dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri.....	85
Şekil 3.22. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri.	86
Şekil 3.23. Dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri	87
Şekil 3.24. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri.....	88
Şekil 3.25. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri	90
Şekil 3.26. Fermente süt örneklerinin pH ve asitlik değerleri	91
Şekil 3.27. Dondurma örneklerinin pH değerleri.....	92
Şekil 3.28. Dondurma örneklerinin asitlik değerleri.....	93
Şekil 3.29. Dondurma örneklerinin kuru madde değerleri	94
Şekil 3.30. Dondurma örneklerinin protein ve yağ değerleri.....	95
Şekil 3.31. Dondurma örneklerinin termal özellikleri	98
Şekil 3.32. Dondurma örneklerinin kalori değerleri (kcal/100 g).....	99



FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK DONDURMA ÜRETİMİ

ÖZET

Bu çalışmada, diyet lifi (buğday lifi ve inülin) ve kültürlerle (yoğurt kültürleri, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Shouchella clausii* ve *Weizmannia coagulans*) fermente edilen sütlerin dondurma üretiminde kullanılması ve elde edilen dondurma örneklerinde -25 °C’de 90 günlük depolama süresince ürün kalite özelliklerinin incelenmesi; bunun yanında zorlu koşullara dayanıklılık özellikleriyle ilgili çeken sporlu probiyotiklerin dondurma üretiminde kullanılması amaçlanmıştır. Üretilen dondurma örneklerinde kalite özelliklerinin değerlendirilmesi için canlı hücre ve spor sayıları, duyuusal, fiziksel, kimyasal, termal özellikler ve kalori değerleri incelenmiştir.

Dondurma üretimleri %1,5 (a/a) oranında diyet lif ve %5 (a/a) oranında kültür ilavesiyle 4,6-4,7 pH değerlerine gelinceye kadar fermente edilen sütlerle (miks 1); süt, krema, süt tozu, şeker, stabilizatör ve emülgatör kullanılarak hazırlanan ve 4 °C’de 24 saat boyunca olgunlaştırılan mikslerin (miks 2) karıştırılarak nihai miks elde edilmesi ve dondurma makinesinde işlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Nihai miks (%100) hazırlanmasında %30 (a/a) oranında miks 1 ve %70 (a/a) oranında miks 2 kullanılmıştır.

90 gün boyunca inülin ve *S. clausii* ilaveli dondurma en yüksek canlı kalabilirliği gösterirken, lifsiz ve buğday lifi ilaveli yoğurt dondurmalarındaki *L. bulgaricus* en düşük canlı kalabilirliği göstermiştir. *L. bulgaricus* en fazla canlı hücre kaybına uğrayan kültür olmuştur. *L. rhamnosus* ise fermente süt ve dondurmalarda iyi bir gelişme göstermiştir, bununla birlikte buğday lifi de bu kültür üzerinde teşvik edici etki göstererek -25 °C’de 90 gün boyunca yüksek bir canlılık göstermesini sağlamıştır. Dondurma ortamı için *L. rhamnosus*’un, *L. bulgaricus*’a göre daha uygun bir kültür olduğu gözlemlenmiştir. Sporlu probiyotiklerden *S. clausii* ve *W. coagulans*’ın dondurma örneklerinde hem vejetatif hem de spor formda bulundukları tespit edilmiştir. Dondurma örneklerinde canlı hücre sayısı açısından *S. clausii*’nin *W. coagulans*’a göre biraz daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dondurma örnekleri duyuusal değerlendirmelerde kaşıқта uzama, tatlılık derecesi ve ağızda erime süresi parametreleri bakımından orta (9 üzerinden 5) ve ortaya yakın puanlar almışlardır. Tüm örneklerin tatlılık puanlarına (5,00-5,50) bakıldığında uygun tatlılığın yakalandığı anlaşılmıştır. Fermente süt ilaveli dondurmalarda ekşi tat duyuusal açıdan çok fazla hissedilmemiştir. Buzlu yapı puanlarının 9 üzerinden 2’nin altında olması mikslerin hazırlanışında stabilizatör ve emülgatör oranının, işleme ve depolama sıcaklıklarının uygun olarak ayarlandığını göstermektedir. Renk ve görünüş puanları bakımından örnekler arasında farklılık görülmemiş, 9 üzerinden 7,81-8,22 aralığında puanlar elde edilmiştir. Yapı ve kıvam puanı en yüksek olan örnekler *S. clausii* içeren lifsiz dondurma ile *W. coagulans* ve inülin içeren dondurma örnekleri olmuştur, 9 üzerinden sırasıyla 7,67 ve 7,85 puanlar almışlardır. Tat ve koku puanları açısından en beğenilen örnek 9 üzerinden 7,93 puanla *L. rhamnosus* ve inülin içeren dondurmadır. Genel beğeni açısından 9 üzerinden 7,52-7,81 puanlar ile en beğenilen örnekler *L.*

rhamnosus'un lifsiz ve inülinli dondurmaları, *S. clausii*'nin lifsiz ve buğday lifli dondurmaları ve *W. coagulans*'ın buğday lifli ve inülinli dondurmaları olmuştur.

Viskozite, kültür ve diyet lif ilavesiyle 1,08 Pa.s'den 2,77 Pa.s'ye kadar artmıştır. Dondurma örneklerinde hacim artışı doğal yollarla gerçekleşmiş, %13,6-25,8 aralığında hacim artışı değerleri elde edilmiştir. Kültür ilavesi hacim artışı (%) artırırken, diyet lif ilavesi ise düşürmüştür. İlk damlama ve tamamen erime süreleri depolama boyunca ortalama olarak sırasıyla 2029 s ve 3130 s olarak kaydedilmiştir. Buğday lifi ilavesiyle hem yoğurt dondurması hem de probiyotik dondurma örneklerinde ilk damlama süresi artarken, tamamen erime süreleri üzerinde ise farklı kültür içeren dondurmalarda farklı etkiler görülmüştür. İnülin ise ilk damlama sürelerine etki etmezken tamamen erime sürelerini biraz kısaltmıştır. Tüm örneklerde depolama boyunca ortalama 73,33 L*, -1,51 a*, 6,49 b*, 72,51 WI, 12,65 YI, 1,61 ΔE değerleri elde edilmiştir. Depolama boyunca sertlik değerleri ortalama olarak -10 °C'de 1,672 N, 5 °C'de ise 0,419 N; yapışkanlık değerleri -10 °C'de 0,418 N, 5 °C'de 0,104 N; yapışkanlık kuvveti değerleri ise -10 °C'de 2,196 mJ, 5 °C'de 1,303 mJ olarak ölçülmüştür. Dondurma örnekleri %10,39-31,43 aralığında düşük yağ destabilizasyonu değerlerine sahip olmalarına rağmen duyusal kaliteyi düşürmeyen erime değerleri elde edilmiştir.

Depolama boyunca kaydedilen ortalama 6,27 pH ve %0,32 laktik asit değerleri ile yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinde asitlik seviyesi duyusal açıdan olumsuzluğa neden olmayacak seviyelerde kalmıştır. Tüm dondurmalar ortalama %36,17 kuru madde, %5,79 protein ve %5,91 yağ içermektedir. Örnekler arasında kristalizasyon sıcaklıkları (Tc) arasında farklılık bulunmamış, ortalama Tc -19,37 °C olarak ölçülmüştür. Camsı geçiş sıcaklıkları (Tg) -31,73 °C ile -28,17 °C aralığındadır. Tg'nin depolama sıcaklığı olan -25 °C'ye yaklaşması depolama boyunca stabilitenin korunması açısından istenen bir durumdur. Erime sıcaklıkları (Tm) ise -2,79 °C ile 1,88 °C aralığındadır. Kontrol dondurması en yüksek Tm'ye sahipken, kültür ve diyet lif ilaveleriyle Tm değerleri düşmüştür. Tüm dondurmalar ortalama 167 kcal/100 g kalori değerine sahiptir.

Sonuç olarak, tüm yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinde istenen canlı hücre sayıları sağlanmış, düşük asitlik değerleri elde edilmiş, bu sayede istenen duyusal beğeni yakalanmıştır. Sporlu probiyotiklerin süt ortamında fermentasyonu ile dondurma üretiminde kullanılması çalışmanın özgün değerini artırmıştır. Genel beğeni açısından buğday lifi ilaveli yoğurt dondurması haricinde tüm yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örnekleri kontrol örneği ile aynı ya da daha yüksek puanlara sahip olmuştur. Diyet lifi ve tek bir probiyotik kültür ile fermente edilen süt ilavesiyle dondurma üretimi hem ekonomik hem de kültür sayısı ile duyusal kalitenin dengesi açısından tercih edilebilir.

PRODUCTION OF PROBIOTIC ICE CREAM WITH IMPROVED FUNCTIONAL PROPERTIES

SUMMARY

This study aimed to use milk fermented with dietary fibre (wheat fibre and inulin) and cultures (yoghurt cultures, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Shouchella clausii* and *Weizmannia coagulans*) in ice cream production. Besides, it was also aimed to use spore-forming probiotics in the production of ice cream, which attracts attention with their resistance to harsh conditions. In order to evaluate the quality characteristics of the produced ice cream samples, viable cell and spore numbers, sensory, physical, chemical, thermal properties and caloric values were examined.

For the ice cream production, milk samples were prepared with the addition of 1.5% (w/w) dietary fibre and 5% (w/w) culture and fermented until 4.6-4.7 pH (mix 1). Also, mixtures prepared using milk, cream, milk powder, sugar, stabilizer and emulsifier were matured at 4 °C for 24 hours (mix 2). 30% (w/w) mix 1 and 70% (w/w) mix 2 were used to prepare the final mix (100%).

For 90 days, inulin and *S. clausii* added ice cream samples showed the highest viability, while *L. bulgaricus* in fibreless and wheat fibre-added yoghurt ice cream samples showed the lowest viability. *L. bulgaricus* was the culture that suffered the most viable cell loss. On the other hand, *L. rhamnosus* showed good growth in fermented milk and ice cream samples. However, wheat fibre also stimulated this culture, allowing it to show high viability for 90 days at -25 °C. It has been observed that *L. rhamnosus* is a more suitable culture for freezing medium than *L. bulgaricus*. It was determined that *S. clausii* and *W. coagulans* were found in both vegetative and spore forms in ice cream samples. *S. clausii* was slightly higher than *W. coagulans* in terms of viable cell count in ice cream samples. It is important to optimally adjust the initial amount of culture used in the production of yoghurt ice cream and probiotic ice cream. In cases where it is more or less, unwanted live culture numbers can be obtained during storage. In some cases, a high initial amount can have the opposite effect and cause a rapid decrease in the number of ice creams during storage. Considering all samples, at least 6.72 log viable cells were found in the ice cream samples at the end of 90 days. It can be said that the initial viable cell counts are at a suitable level to provide the desired bacterial counts for 90 days.

In sensory evaluations, ice cream samples received moderate (5 out of 9) and close to medium scores in terms of elongation in the spoon, degree of sweetness and melting time in the mouth parameters. When the sweetness scores of all samples (5.00-5.50) were examined, it was understood that the appropriate sweetness was achieved. In the ice cream samples with fermented milk, the sour taste was not felt very much in terms of sensory. The acidity of ice cream samples was slightly lower than the general acidity values of yoghurt and probiotic ice cream samples. In this way, low sourness scores were obtained. Acidic sour taste can suppress the sugar taste in the yoghurt ice cream and the probiotic ice cream. It is seen that the sweetness of the products is neither too much nor too little, at the most favourable degree by the panellists. The fact that the frosted structure scores are below 2 out of 9 indicates that the ratio of stabilizer and emulsifier, processing and storage temperatures were adjusted appropriately during the preparation of the mixes. Ice cream samples had colour and appearance scores in the range of 7.81-8.22 out of 9. There was no difference between the samples in terms of

this parameter. Since no colouring components were used in the ice cream samples, they all had the same colour and appearance sensory. This shows that the parameters of structure and consistency, taste & smell and general acceptability were evaluated in a way that is not related to colour and appearance. The samples with the highest structure and consistency scores were the fibre-free ice cream containing *S. clausii* and the ice cream sample containing *W. coagulans* and inulin. These samples got 7.67 and 7.85 points out of 9, respectively. Ice cream with inulin and *L. rhamnosus* was the most liked sample in terms of both taste & smell and general appreciation. Yoghurt ice cream sample with wheat fibre added was the least liked sample in terms of these two parameters. Nevertheless, this sample has scored in the satisfactory-good range with 6.44 taste & smell and 6.78 general appreciation points. All of the samples were appreciated above the average. The samples with the highest structure and consistency scores were the fibre-free ice cream sample containing *S. clausii* and the ice cream sample containing *W. coagulans* and inulin. They got 7.67 and 7.85 points out of 9, respectively. The most appreciated sample in terms of taste & smell scores is the ice cream samples containing *L. rhamnosus* and inulin with a score of 7.93 out of 9. In terms of general acceptability, with 7.52-7.81 points out of 9, the most liked samples were *L. rhamnosus* fibre-free and inulin ice creams, *S. clausii* fiber-free and wheat fibre ice creams, and *W. coagulans* wheat fibre and inulin ice creams.

As long as legal limits are followed, it is possible to produce ice creams in many different types and compositions. In this respect, the product range is quite wide, but in order to ensure the sustainability of these products, some other features should be considered besides the number of cultures. The first of these is the sensory properties for the consumer, and then the properties such as viscosity, texture, freezing, and melting point for industrial production. In addition, physical properties such as melting time, L^* , a^* , b^* , and whiteness index (WI) correlate with sensory quality; also, considering chemical properties such as pH and titration acidity can be useful for understanding and interpreting product quality.

Viscosity increased from 1.08 Pa.s to 2.77 Pa.s with the addition of culture and dietary fibre. Overrun in ice cream samples was achieved naturally, and the 13.6-25.8% range values were obtained. Culture addition increased the overrun (%), while dietary fibre supplementation decreased it. Initial drip and complete melt times were recorded as 2029 s and 3130 s, respectively, on average during storage. While adding wheat fibre increased the first dripping time in yoghurt ice cream and probiotic ice cream samples, it showed different effects on complete melting times in ice cream samples containing different cultures. While inulin did not affect the first dripping time, it slightly shortened the time of complete dissolution. Average values of 73.33 L^* , -1.51 a^* , 6.49 b^* , 72.51 WI, 12.65 YI, 1.61 ΔE were obtained in all samples during storage. During storage, the hardness values are on average 1.672 N at -10 °C and 0.419 N at 5 °C; adhesive strength values 0.418 N at -10 °C, 0.104 N at 5 °C; Adhesive strength values were measured as 2,196 mJ at -10 °C and 1,303 mJ at 5 °C. Although ice cream samples had low fat destabilization values in the 10.39-31.43% range, melting values that did not decrease the sensory quality were obtained. The acidity level in yoghurt ice cream and probiotic ice cream remained at levels that would not cause a sensory disturbance, with the average pH of 6.27 and 0.32% titration acidity values recorded during storage. All ice creams contain an average of 36.17% dry matter, 5.79% protein and 5.91% fat. There was no difference between the crystallization temperatures (T_c) of the samples; the average T_c was measured as -19.37 °C. Glass transition temperatures (T_g) range from -31.73 °C to -28.17 °C. The approach of T_g to the storage

temperature of -25 °C is desirable in terms of maintaining stability during storage. Melting temperatures (T_m) are between -2.79 °C and 1.88 °C. While control ice cream had the highest T_m , T_m values decreased with addition of culture and dietary fibre. All ice creams have an average caloric value of 167 kcal/100 g. As a result, the desired number of viable cells was achieved in all yoghurt ice cream and probiotic ice creams, and low acidity values were obtained, thus, the desired sensory taste was achieved. In terms of general acceptability, all yoghurt ice cream and probiotic ice creams had the same or higher scores than the control sample, except for the yoghurt ice cream with wheat fibre added. Ice cream production with the addition of dietary fibre and fermented milk with a single probiotic culture can be preferred both economically and in terms of the balance of cell viability and sensorial quality.

Production of yoghurt and probiotic ice cream without the use of extra flavouring ingredients can be an economical option. Providing the lowest desired number of viable cells with a single probiotic culture is also economically advantageous. Further studies can be conducted on the types and amounts of dietary fibre. More dietary fibre can be added to the mix for noticeable changes in physical properties. Fermentation of spore probiotics in milk medium and use in ice cream production increases the original value of this study. The fact that probiotics with spores create a pleasant aroma in ice cream adds value to the study. In this way, it is hoped that the study will lead to further academic and industrial studies. Probiotic ice cream production with dietary fibre and a single probiotic culture can be preferred in terms of sensory properties, cell viability and economic aspect.



1. GİRİŞ

Tüketicilerin daha sağlıklı olan gıdalara talebi gıda endüstrisindeki dinamikleri değiştirmiş ve sağlığa faydalı olan gıdaları tanımlayan “fonksiyonel gıda” kavramı ortaya çıkmıştır. Tüketicilere sağlık yararı sunan ürünlere yönelim bilimsel çalışmaları da bu yöne yönlendirmiş ve gıdaların insan fizyolojisine etkileri detaylı incelemeye alınmıştır. Günlük beslenmenin bir parçası olarak tüketilen gıdalarda sindirim sistemini rahatlatma, yüksek tansiyon ve kolesterolü düşürme gibi yararların sağlanması tüketiciler açısından bu tür ürünlerin cazibesini artırmaktadır (Aiello ve ark., 2016; Çam, 2020).

Hipokrat 4. Yüzyılda, “Bütün hastalıklar bağırsaktan başlar” ve “Gıdalar ilacınız, ilacınız gıdalar olsun.” demiştir. Bu sözlerden de anlaşıldığı üzere gıdaların sağlığın korunmasındaki rolü ve bu konuda en önemli organlardan birinin bağırsaklar olduğu eski zamanlardan beri bilinmektedir. Yiyeceklerimizin türü, kalitesi ve kaynağı bağırsak mikrobiyotasının bileşimini etkileyerek şekillendirmekte ve konakçı-mikroorganizma etkileşimleri üzerine etkili olmaktadır (Lyon, 2018; Makki ve ark., 2018). Günümüze kadar gelen süreçte modern tıbbın gelişmesi ile birlikte ilaç sanayii de gelişme göstermiş, fakat son yüzyılda ilaçların tedavi edici özelliklerinin yanı sıra çeşitli yan etkilere sahip oldukları görülmüştür. Özellikle antibiyotikler gibi ilaçların bağırsakların çalışmasını olumsuz etkileyebilecek yan etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple son yıllarda hastalıkların önlenmesinde vücuda yaralı gıdaların tüketilmesi yeniden gündeme gelmiş, bağırsak sağlığının korunması tekrar önem kazanmıştır. Bu sayede fonksiyonel gıdalar artık sağlığın korunmasında etkili takviyeler olarak ilgi görmektedir (Açı, 2014; Ayhan ve Orhan, 2015; Kaya, 2015).

Fonksiyonel gıda bileşenlerinin doğal olarak hastalıkların önlenmesinde ve sağlığın korunmasında bazı faydaları vardır. Bir gıda içinde bulunan ya da dışarıdan ilave edilen bir biyoaktif gıda bileşeni sayesinde fonksiyonel gıda vasfı kazanmaktadır. Biyoaktif bileşikler, probiyotikler ve prebiyotikler gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Besin değeri ve yaygın tüketimi ile süt ürünleri fonksiyonel gıda pazarında en çok ilgi gören gıdalardan biridir. Vücudumuzun

sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için günlük diyetimizde karbonhidrat, protein, yağ, vitaminler ve mineral maddeler gibi besin öğelerinin yeterli düzeylerde alınması gereklidir. Süt ve süt ürünleri, bir insanın günlük dengeli beslenebilmesi için dışarıdan alması gereken besin gruplarını içermesi bakımından önemlidir (Akça, 2019; Garrison, 2019). Fonksiyonel süt ürünlerinin gastrointestinal sistemin yanında kardiovasküler hastalıklar ve osteoporoz gibi hastalıklara etkileri de bulunmaktadır. Fonksiyonel süt ürünleri pazarında özellikle fermente süt ürünleri önemli bir pazar payına sahiptir. Fermente süt ürünleri içerisinde probiyotik ürünler en çok ilgi gören ürünlerdir ve çoğu probiyotik ürün laktik asit bakterilerinin fermentasyonu ile üretilmektedir. Bu ürünlerde sağlığı olumlu etkileyen çeşitli metabolitler mevcuttur (Acar, 2019; Ayhan, 2016; Ayhan ve Orhan, 2015). Probiyotik fermente süt ürünlerinin, bağırsakta iyi bakterilerin gelişmesini teşvik ettiği ve metabolik yan ürünlerin üretimini artırarak insan sağlığını iyileştirdiği çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur.

Dondurma, farklı kitleler tarafından duyuşal olarak kabul edilebilir bir üründür ve beslenme özelliklerini geliştirmek için bileşimini değiştirmek kolaydır. Fonksiyonel özelliklere sahip dondurma elde etmek için en çok kullanılan bileşenler probiyotik ve prebiyotiklerdir. Zengin bileşimi nedeniyle çok uygun bir probiyotik taşıyıcısıdır. Bu nedenle son yıllarda dondurmaya probiyotik gıda olarak ilgi artmaya başlamış, probiyotik dondurmanın sağlığa yararları üzerine yapılan çeşitli çalışmalarda bağırsak ekolojisi ve ağız sağlığı üzerinde olumlu etkiler incelenmiş ve dondurmanın probiyotik taşıyıcısı olarak önemi vurgulanmıştır (Ahmad, 2019; Akbari ve ark. 2016; Camelo-Silva ve ark., 2021; Javidi ve ark. 2016; Kaur ve ark., 2022; Pimentel ve ark., 2022).

1.1. Fonksiyonel Gıdalar

Son yıllarda dünya genelinde beslenme alışkanlıkları incelemeye alınarak sağlık sorunlarının tedavi edilecek aşamaya gelmeksizin önlenmesi üzerinde durulmaktadır. Bu sebeple günümüz gıdalarından sadece beslenme gereksinimlerini karşılaması değil, aynı zamanda beslenme eksikliklerini önlemesi ve tüketicilerin sağlığını iyileştirmesi beklenmektedir. Bu nedenle gıdalarda bulunan ve sağlığa olumlu katkı sağlayan biyoaktif bileşikler önem kazanmıştır. Fonksiyonel gıdalar, sağlığa olumlu katkısı olan bu biyoaktif gıda bileşenlerini içeren ürünlerdir. Bu tür gıdalar belirli bir fizyolojik tepkiyi iyileştirerek veya hastalık riskini azaltarak, çoğunlukla bağırsak epitel tabakasını ve bağırsak bağışıklık dengesini koruyarak, bir veya daha fazla spesifik

biyolojik fonksiyon üzerinde olumlu bir etki gösterirler (Açu, 2014; Ahmad, 2019; Canbulat, 2010; Kaur ve ark., 2022).

Probiyotikler, prebiyotikler, diyet lifler, çoklu doymamış yağ asitleri, antioksidanlar gibi yararlı biyoaktif bileşenlerden en az bir tanesini içeren gıdalar fonksiyonel olarak nitelendirilmektedir (Göktaş, 2021; Yaşlı, 2010). Bu bileşenlerin içerisinde probiyotik ve prebiyotikler en popüler olanlarındandır. Prebiyotikler, sindirilemeyen ancak fermente olabilen, probiyotik mikroorganizmaların gelişim ve aktivitelerini destekleyen gıda bileşenleridir. Probiyotikler, yeterli sayıda bulundukları takdirde gastrointestinal mikrobiyota üzerinde doğrudan etki gösterirler (Acar, 2019; Canbulat, 2010).

İnek sütü; protein, yağ asidi, karbonhidrat, vitamin ve mineral içeriğiyle probiyotiklerin gelişmesi ve canlılığını sürdürebilmesi açısından çok elverişli bir ortamdır. Bu anlamda fonksiyonel ürünler ve bu kategoride yer alan probiyotik ürünlerin üretimi açısından süt çok uygun bir üründür (Çam, 2020; Sanders ve Marco, 2010). Bu nedenle probiyotik süt ürünlerinin dünya genelinde talebi ve buna bağlı olarak arzı en çok olan fonksiyonel gıdalardan olduğu bilinmektedir. Probiyotiklerin en çok kullanıldığı süt ürünleri yoğurt, kefir, peynir, dondurma ve ayran vb. ürünlerdir. Son yıllarda dondurmanın probiyotiklerin canlılıklarını korumak için uygun bir ortam olduğunun keşfedilmesiyle probiyotik dondurma da yeni eğilim gösterilen probiyotik ürünlerden biri olmuştur (Acar, 2019; Göktaş, 2021; Kaya, 2015).

1.2. Fermantasyon, Fermente Süt Ürünleri ve Laktik Asit Bakterileri

Fermantasyon çeşitli organik moleküllerin kullanılmasıyla mikroorganizmalar tarafından asit veya alkol üretimi ile sonuçlanan biyokimyasal reaksiyonlar zinciridir. Fermantasyonda mikroorganizma faaliyetiyle karbonhidrat gibi büyük moleküllü organik bileşikler daha küçük moleküllü organik bileşiklere parçalanır. Mikroorganizmalar, bu parçalanma ile gelişimleri için gerekli enerjiyi elde ederler ve yüksek moleküllü bileşiklerden laktik asit, asetik asit, etil alkol gibi organik bileşiklerin oluşmasını sağlarlar. Karbonhidrat veya diğer organik moleküllerin bu şekilde fermantasyonla metabolize edilmesi anaerobik koşullar altında mikroorganizma enzimleri sayesinde yapılır. Tarihte enzimler konusundaki ilk çalışmaların sindirim ve fermantasyonla ilgili olduğu bildirilmektedir (Demirkol, 2015; Kabak ve Dobson, 2011; Temiz, 2016; Tunail, 2009).

Laktik asit fermantasyonuyla üretilen fermente süt ürünlerinin geçmişi çok eski çağlara dayanmaktadır. İnsanlar, inek, koyun, keçi gibi hayvanları evcilleştirdikten sonra sütlerini elde etmeye başladılar. Bu sütün saklanması eski çağların imkânlarına göre oldukça zor olduğu için sütü saklayabilmek amacıyla çeşitli yollarla ekşitilmesi sağlanmıştır. Ekşi süt, insanların yerleşik hayata geçip çiftçilik yapmasından sonra ilk fermente gıdalardan biri olmuştur. Günümüze kadar gelen süreçte ise yoğurt, probiyotik yoğurt, kefir, kıymız vb. fermente süt ürünleri olarak gıdalar arasında yer almıştır. Eski çağlarda doğal fermantasyonla üretilen süt ürünleri modern zamanlarda gıda endüstrisinin gelişimiyle birlikte standart kalitede ürün üretimi için kontrollü hâle getirilmiştir (Sağdıç ve Arıcı, 2021; Steinkraus, 2004). Günümüzde raflarda yer alan fermente süt ürünlerinin üretimi ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne (Tebliğ No: 2022/44) tabi olarak gerçekleştirilmektedir (Türk Gıda Kodeksi [TGK], 2022b).

Fermente gıdalar, kontrollü mikrobiyal gelişme ve gıda bileşenlerinin enzimatik etki yoluyla fermantasyonu ile üretilen gıdalar olarak tanımlanır. Fermente süt ürünleri ise sütün belirli özel mikroorganizmalarla fermantasyonu sonucu asitliğin gelişmesi veya protein koagülasyonu sonucu oluşan, bu özel mikroorganizmaları canlı ve aktif hâlde bulunduran ürünlerdir. Günümüzde fermente gıdaların üretiminde lezzet, yapı, tekstür ve görünüm bakımından ürüne kendine has özellikler kazandırmak amacıyla starter (başlatıcı) kültür olarak adlandırılan belirli bazı zararsız mikroorganizmalar kullanılır. Yoğurt ve çeşitli peynir türleri için kullanılan starter kültürlerine örnek olarak *L. cremoris*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. helveticus* ve *S. thermophilus* verilebilir (Dimidi ve ark., 2019; Erginkaya ve Kabak, 2021; Sağdıç ve Arıcı, 2021; Tunail, 2009).

Fermantasyon; bakteri, maya veya küflerle gerçekleşir. Karbonhidratların genellikle mayalar tarafından fermente edilmesi alkol fermantasyonu, alkolün aerobik koşullarda fermente edilmesi asetik asit fermantasyonu; karbonhidratların bakteriler tarafından laktik aside dönüştürülmesi laktik asit fermantasyonu olarak bilinmektedir. Laktik asit fermantasyonu laktik asit bakterileri, *Bifidobacterium* spp. vb. bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Heterotrofik bakteriler, organik besin bileşenlerini sentez etme yeteneği olmadığı için gerekli enerji ihtiyaçlarını çevrelerinden sağlarlar. Genellikle karbonhidratların biyolojik oksidasyonu ile yaşamaları ve çoğalmaları için gerekli enerjiyi elde ederler. Biyolojik oksidasyon, aerobik ve anaerobik olmak üzere başlıca iki şekilde gerçekleşmektedir. Toprak bakterileri, aerobik ve bazı fakültatif anaerobik

mikroorganizmalar aerobik oksidasyon yapmaktadırlar. Respirasyon olarak da adlandırılan aerobik oksidasyonda sitokrom enzimleri aracılığıyla karbonhidratların dehidrojenasyonu gerçekleşir. Fermantasyon olarak bilinen anaerobik oksidasyon ise anaerobik ve fakültatif anaerobik mikroorganizmalar tarafından yapılmaktadır. Bu fermantasyon çeşidinde karbonhidratların dehidrasyonu sitokrom enzimleri kullanılmadan gerçekleşmektedir. Laktik asit bakterileri, sitokrom enzimleri bulunmadığından dolayı enerji ihtiyaçları için temel kaynak olarak laktozu kullanarak fermantasyon yaparlar. Laktik asit bakterilerinin laktozu yıkıma uğratabilmeleri sahip oldukları β -galaktozidaz (laktaz, EC 3.1.2.23) enzimi sayesinde olmaktadır. Süt ürünlerinin fermantasyonu açısından önemli bir enzim olan β -galaktozidaz, bir disakkarit olan laktozu hidrolize ederek monosakkaritleri olan glikoz ve galaktoza ayırmaktadır. Dünya çapında marketlerde yer alan süt ürünlerinin çoğunun üretiminde laktik asit bakterileri kullanılarak laktik asit fermentasyonu ile üretildiği görülmektedir. Laktik asit bakterileri, teknolojik ve sağlık yararları sebebiyle fermente süt ürünlerinin üretiminde önemli bir role sahiptir (Fox ve ark., 2015; Özden, 2008; Temiz, 2016; Xavier ve ark., 2018).

Kimyasal bileşikleri enerji, organik maddeleri elektron kaynağı olarak kullanan (kemoorganotrof) laktik asit bakterileri enerji kaynağı olarak kullanmak üzere heksozları fermente ederler. Bu gruptaki tüm bakteriler Gram pozitif, çubuk veya kok şeklinde, spor oluşturmayan ve çoğu hareketsiz bakterilerdir. Laktik asit bakterileri heksozları fermente ederken %90-100 oranında laktik asit oluşturuyorsa homofermentatif laktik asit bakterileri, %50 oranlarında laktik asidin yanında etanol veya asetat, karbondioksit de meydana getiriyorlarsa heterofermentatif laktik asit bakterileri olarak iki gruba ayrılırlar. *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* vb. bazı laktik asit bakterileri fakültatif anaerobtur, oksijenli ve oksijensiz ortamda gelişebilirler. Bu bakterilerin sitokrom sistemleri vardır ancak katalazları yoktur, sitokrom ve katalazı olmayan laktobasiller oksijenli ortamda gelişmemektedirler. Oksijene toleranslı (aerotolerant) ve az miktarda oksijen bulunan ortamlarda gelişebilen (mikroaerofilik) laktobasillerin katalazları olmadığı hâlde oksijenli ortamda gelişebilen nadir mikroorganizmalardan olduğu düşünülmektedir. Laktik asit bakterilerinin homofermantatif fermantasyon yolu diğer fermantasyon yolları içinde en kısa olanıdır. Homolaktik fermantasyon sonunda en az %90 oranlarında laktik asit üretiminin yanında piruvatın bir kısmı oksijenin kısmî basıncı

ve glikoz konsantrasyonuna bağı olarak toplam oranları %10'dan fazla olmayan etanol, asetat, diasetil, formiyat ve karbondioksite dönüşür (Temiz, 2016; Tunail, 2009; Zheng ve ark., 2020).

Laktik asit bakterileri yakın bir zamana kadar on iki cins olarak *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Oenococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weisella*'dan oluşmaktaydı (Sağdıç ve Arıcı, 2021). Yapılan son çalışmalarda polifazik yaklaşıma dayanarak yapılan değerlendirmelerle *Lactobacillus* için yeni bir cins isim sınıflandırması yapılmıştır. Yakın zamanda "International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology" (Uluslararası Sistematik ve Evrimsel Biyoloji Dergisi)'de yayınlanan yeni bir makaleyle tarihsel olarak *Lactobacillus* cinsi içinde gruplandırılmış bakterilerin çoğu için isim değişiklikleri yayınlanmıştır. *Lactobacillus* cinsi yapılan yeni düzenlemeye göre 25 ayrı cins olarak sınıflandırılmıştır. Bu cins isimleri *Lactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, *Secundilactobacillus*'tur. *Lactobacillus* cinsi içerisinde gıdalarda yaygın olarak kullanılan bazı türlere ait isim değişiklikleri Tablo 1.1'de verilmiştir (Sanders ve Lebeer, 2020; Zheng ve ark., 2020).

Laktik asit bakterisi olarak sayılıp sayılamayacağı ihtilâflı olan *Bifidobacterium* cinsi bakterilerin katalazları bulunmaz ve oksijensiz koşullara kuvvetle bağı zorunlu fermentatif bakterilerdir. Yalnızca oksijenin bulunmadığı ortamlarda yaptıkları fermentasyon sonucunda 3:2 oranında asetat ve laktat oluştururlar. *Bifidobacterium* cinsi fizyolojik özellikleri ve metabolizması açısından laktik asit bakterilerine göre farklılıkları mevcuttur. Glikozu fruktoza çevirerek değişik bir yolla fermentasyon yapar. Kuvvetli anaerob olması diğer bir önemli farklılığıdır. Oksijen varlığına aşırı duyarlılığı vardır ve gelişim için %10 oranlarında karbondioksit bulunan ortamlara ihtiyaç duymaktadır. Önceki zamanlarda süt emme çağındaki bebeklerin bağırsak florasındaki bakterilerden olarak bilinmekteyken sonradan erişkin bireylerin de bağırsaklarında bulunduğu fark edilmiştir. Bir kısım kaynaklar *Bifidobacterium*'ların

laktik asit bakterisi olduğunu bildirirken diğer bir kısım kaynaklar ise fizyolojik özelliklerindeki ve fermentasyon yolundaki farklılıktan ötürü laktik asit bakterisi olarak sayılamayacaklarını bildirmektedir (Hoover, 2014; Tunail, 2009).

Tablo 1.1. Bazı *Lactobacillus* cinsi bakterilerin isim değişiklikleri

Cins ve tür isimleri	İsim değişikliği
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lacticaseibacillus casei</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Ligilactobacillus salivarius</i>
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>
<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Değişiklik yok
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> (diğer adıyla <i>Lactobacillus bulgaricus</i>)	Değişiklik yok
<i>Lactobacillus crispatus</i>	Değişiklik yok
<i>Lactobacillus gasseri</i>	Değişiklik yok
<i>Lactobacillus johnsonii</i>	Değişiklik yok
<i>Lactobacillus helveticus</i>	Değişiklik yok

1.3. Yoğurt Bakterileri

Yoğurt, yoğurt bakterileri olarak bilinen *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un kontrollü koşullar altında laktik asit fermentasyonu sonucu meydana getirdikleri koagüle fermente süt ürünüdür. Yoğurt üretimi için süte %2-5 oranında bu yoğurt kültürlerinden ilave edilir, 42-45 °C'de inkübasyon esnasında fermentasyon gerçekleşir. Fermentasyonun ilk aşamasında *S. thermophilus* ortamdaki oksijeni kullanarak laktozdan laktik asit oluşturmaya başlar. Bunun yanında üreyi de kullanarak karbondioksit ve formik asit üretir. Ortamda laktik asit sayesinde asitliğin gelişmesi ve oksijeni tüketilerek karbondioksitin oluşması ile sağlanan anaerobik ortam *L. bulgaricus*'un gelişimini teşvik eder. Bunun üzerine harekete geçen *L. bulgaricus* proteinaz enzimi ile süt proteinlerini daha küçük parçalar olan glisin, valin, histidin, lösin ve metiyonin gibi amino asitlerine dönüştürür. Bu sayede zayıf proteolitik aktiviteye sahip olarak *S. thermophilus*'un gelişimi teşvik eder. Bu iki bakteri bu şekilde birbirinin gelişimini destekleyerek laktozdan laktik asit ve çeşitli aroma bileşenleri üretirler (Erginkaya ve Kabak, 2021; Üçüncü, 2021).

L. bulgaricus'un tanımlanması adını aldığı Bulgar Stamen Grigorov tarafından 1904 yılında yapılmıştır. Yoğurtta aroma üzerinde *L. bulgaricus*, *S. thermophilus*'tan daha

etkilidir. *Lactobacillus* cinsi bakterilerin bir özelliği olarak güçlü bir fermantasyon yeteneğine sahiptir ve optimum gelişme sıcaklığı 41-46 °C aralığındadır. Uygun inkübasyon koşullarında sütün asitliğini pH 4 civarlarına kadar düşürebilmektedir (Canbulat, 2010; Çelik, 2020; Tonguç, 2006). *S. thermophilus* aerob ya da fakültatif anaerob özellikte bir bakteridir. Laktoz ve sakkaroz gibi disakkaritleri fermente edebilirken glikoz gibi monosakkaritler üzerinde zayıf bir fermantasyon yeteneği gösterir. Fermantasyonla oluşturduğu başlıca ürünler laktik asit, diasetil ve asetaldehitir. Termofilik bir bakteridir ve uygun gelişme sıcaklığı 38-44 °C aralığındadır. *S. thermophilus*'un hücre zarının yağ asidi bileşimi ile ilgili zorlu koşullara karşı iyi bir dayanıklılığa sahip olduğu bilinmektedir (Béal ve ark, 2001; Canbulat, 2010; Tonguç, 2006). İki yoğurt bakterisinden *S. thermophilus*'un proteolitik aktivitesi *L. bulgaricus*'a göre oldukça zayıftır ve *S. thermophilus* gelişmesi için gerekli olan amino asitleri üretememektedir. *L. bulgaricus* ise kazein fraksiyonlarından serbest amino asitler üreterek *S. thermophilus* için gerekli amino asitleri üretebilmektedir. *L. bulgaricus*'un proteolitik aktivitesi ile *S. thermophilus*'u desteklemesi bu iki bakteri arasındaki simbiyotik ilişkinin en önemli dinamiğidir. Bunun yanında, *L. bulgaricus*'un gelişimi için gerekli olan formik asit ve CO₂ de *S. thermophilus* tarafından oluşturulmaktadır. Bu nedenle bu iki bakteri sıklıkla birlikte kullanılır. Yoğurt üretimi sırasında oluşan proteinlerin proteolizi sindirimin kolaylaşması açısından istenen bir durumdur (Çelik, 2020; Urshev ve ark., 2014; Rul, 2017).

Yoğurt ürününde homofermantatif fermantasyon gerçekleştiği için baskın asit türü laktik asit olmaktadır. Yoğurt bakterileri sütün karbonhidratı olan laktozun glikoz ve galaktoza parçalanması ve sonrasında da laktik asite dönüştürülmesinden sorumludur. Oluşan laktik asit sayesinde sütteki kazeinin koagüle olması ile yoğurdun kıvamı oluşur. Fermantasyon başlamadan önce sütte 6,7 civarlarında olan pH, fermantasyonla birlikte düşmeye başlar. pH 5,2-5,3 civarlarına geldiğinde kazein misellerinde pıhtılaşma başlar, pH 5'in altına düştüğünde ise yoğurdun kendine has jel kıvamı oluşmaya başlar, kazeinin izoelektrik noktası olan 4,6'da maksimum düzeye ulaşır. Yoğurdun kendine has asidik lezzeti laktik asitten gelmektedir (Çelik, 2020; Fox ve ark., 2015; Üçüncü, 2021).

Yoğurt bakterilerinin faaliyetleri ve ürettiği metabolitlerin sağlık açısından birçok yararı olmasına karşın probiyotik etkiye sahip olup olmadıkları bugün hâlen ihtilaflı

bir konudur. Probiyotik bakterilerin canlı bir şekilde belirli bir sayıda bağırsağa ulaşmaları ve burada faaliyet göstermeleri beklenir. Yoğurt kültürlerinin bağırsağa tutunma ve kolonize olma özellikleri yoktur ve ayrıca mide ve ince bağırsak koşullarına dayanıklılıklarının düşük olması sebebiyle insan sindirim sisteminde canlılıklarını istenilen düzeyde koruyamadığı görülmüştür. Bazı bilim çevreleri bu durumu sebep göstererek yoğurt bakterilerinin probiyotik sayılamayacağını düşünmektedirler (Açu, 2014; Holzapfel ve ark., 2001; Kavaz, 2012; Kaya, 2015; Lourens-Hattingh ve Viljoen, 2001; Mattila-Sandholm ve ark., 2002; Parvez ve ark., 2006; Saarela ve ark., 2000; Tunail, 2009). Yoğurt kültürlerinin laktaz enzimi yetersizliğinden dolayı laktoz intoleransı yaşayan kişilerde laktozun sindirilmesini kolaylaştırmaları ve bunun yanında çeşitli metabolitler sayesinde bağışıklığı güçlendirdiği bildirilmektedir. Yoğurt bakterileri, tüketim sonrasında sindirim sistemi boyunca ilerlerken ince bağırsağa ulaştıklarında safra tuzlarının etkisiyle parçalanmakta ve bu sayede bakteriyel laktaz serbest kalıp laktozu hidrolize etmektedirler. Bu özellikleri göz önünde bulunduran bazı bilim çevreleri ise yoğurdu probiyotik bir ürün olarak ele almaktadırlar (Kavaz, 2012). Günümüzde yoğurt bakterilerinin probiyotik olarak kabul edilemeyecekleri yönündeki görüş yaygın kabul görmektedir. Bu nedenle yoğurda probiyotik özellikler kazandırma amacıyla yoğurt starter kültürlerine ek olarak çeşitli probiyotik bakteriler ikincil kültür olarak ilave edilmektedirler (Tunail, 2009). Tüm bunların yanında son birkaç yıldır probiyotiklerle ilgili yapılan çalışmalarda probiyotik tanımının güncellenmesi gerektiği yönünde fikirler ortaya çıkmıştır (Zendeboodi ve ark., 2020). Belki de gelecek dönemlerde parabiyotik ve postbiyotik gibi yeni kavramları da kapsayacak şekilde genişletilebilecek bir probiyotik tanımı içerisinde yoğurt bakterilerinin de yer bulması mümkün olabilir.

1.4. Probiyotikler

İnsan sindirim sisteminde yaklaşık 400 mikroorganizma türü bulunur. Bu mikroorganizmalar sağlığa olan etkilerine göre temel olarak ikiye ayrılır: Biri konakçının sağlığını iyileştirmeye yardımcı olan faydalı mikroorganizmalar, diğeri ise birçok hastalığı teşvik eden zararlı mikroorganizmalardır. Probiyotikler, yeterli miktarlarda vücuda alındıkları takdirde sağlık faydaları sağlayabilen canlı mikroorganizmalar sınıfına girmektedir (Ahmad, 2019; Çam, 2020; Gibson ve ark., 2017). Günümüzde probiyotikler olarak adlandırılan mikroorganizmaların sağlık

üzerine etkileri ilk kez Bulgaristan'da 1900'lü yıllarda Metchnikoff'un dikkatini çekmiştir. Fermente süt ürünleri tüketen bir insan grubu üzerinde günlük gözlemler sonucunda bu tür ürünlerin tüketiminin uzun yaşamla ilişkili olabileceğini öne sürmüştür (Metchnikoff, 2004). Probiyotik terimi ise daha sonraki yıllarda Lilly ve Stillwell (1965) tarafından mikroorganizma gelişmesini teşvik eden mikrobiyolojik kökenli faktör olarak tanımlanmıştır. Bu terimin 1970'li yıllarda "Bağırsak mikrobiyal dengesine katkıda bulunan organizmalar ve maddeler" olarak tanımlanmasıyla bağırsaklar üzerindeki etkileri gündeme gelmeye başlamıştır (Parker, 1974). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun 2002 yılındaki tanımına göre probiyotikler, "yeterli miktarlarda alındıklarında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar" dır. Bu tanım, dünya çapında gıda ile ilgili çeşitli otoriteler tarafından yaygın olarak kabul görmektedir. Probiyotik gıda, probiyotik mikroorganizmaları raf ömrünün sonuna kadar yeterli oranlarda içeren gıdaları tanımlamaktadır. Yeterli oranlar genel olarak 10^6 - 10^8 kob/g veya mL (6-8 log kob/g veya mL) olarak kabul edilmektedir (Akpınar ve ark., 2020; Çam, 2020; Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization [FAO/WHO], 2002; Hill ve ark., 2014; Silva ve ark. 2015). Probiyotik gıdaların üretiminde en kritik faktör gerekli oranlarda canlı probiyotik sayısını raf ömrünün sonuna kadar sağlayabilecek şekilde üretim ve depolama yapılması gerekliliğidir, ancak bu sayede probiyotiklerin yararlı etkilerinden yararlanılabilir (Akpınar ve ark., 2020; Knorr, 1998; Matejčková ve ark., 2017).

Gıdalarda endüstriyel kullanım için seçilen probiyotik bakteriler bazı temel fonksiyonel ve teknolojik özelliklere sahip olmalıdırlar. Fonksiyonel özellikler üretim, depolama ve tüketildikten sonra gerekli sayıda canlı kalabilme ve bağırsaklara tutunabilme özelliklerini, teknolojik özellikler ise duysal kabul edilebilirlik niteliklerini ve gıdada gelişebilme özelliklerini kapsamaktadır (Ahmad, 2019; Kulaksız, 2015; Olejnik ve ark., 2005; Saarela ve ark., 2000). Probiyotik olarak kullanılacak kültürlerin toksin üretmeyen ve vücuda alındıklarında sağlığa zararı olmayan GRAS "Generally Regarded as Safe" sınıfındaki mikroorganizmalardan seçilmesi önemli ve en temel koşuldur. Bu temel koşulu sağlayan mikroorganizmalar içerisinde seçim kriteri olarak göz önünde bulundurulmuş hususlar ise; insan kaynaklı olma, patojenleri inhibe eden bakteriyosin vb. antimikrobiyal maddeler üretebilme, bağırsak epitelyum hücrelerine tutunabilme ve burada koloni oluşturarak gelişebilme,

mide asidi ve safra tuzlarına karşı dayanıklılık gösterme gibi özelliklerdir (Tunail, 2009). Bunun yanında probiyotiklerin genel sağlık yararları; patojen (zararlı) bakterilerin gelişiminin önlenmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, kolesterol seviyesinin düşürülmesi, laktozun fermente edilerek sindiriminin kolaylaştırılması, obezite, diyabet, mide ülseri ve kanser gibi hastalık risklerinin azaltılmasıdır (Ahmad, 2019; Kavaz, 2012; Mattila-Sandholm ve ark., 2002; Saarela ve ark., 2000). Bunun yanında probiyotiklerin koronavirüs hastalığı (COVID-19) dâhil birçok hastalığın önlenmesinde faydalı olduğu öne sürülmektedir (Xavier-Santos ve ark., 2022). Gıda üretiminde kullanılacak olan bir probiyotiğin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin literatürde yer alan klinik çalışmalarca kanıtlanmış olması gerekmektedir (Tunail, 2009).

Fermente süt, yoğurt, kefir, dondurma, peynir, ayran, bebek maması gibi probiyotik ilaveli olarak üretilen ürünlerin tüketimi hızlı bir şekilde artışa geçmiştir (Mohammadi ve ark., 2011). Probiyotikler, starter kültür olarak fermente gıdalara eklenebileceği gibi fermente olmayan ürünlere de katkı olarak ilave edilebilir (Ouweland ve Röytiö, 2015). Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği (Tarih: 26.01.2017/Sayı: 29960) ile çeşitli gıda ürünlerinin probiyotik mikroorganizma içerdiğinin etiketinde beyan edilebilmesi gıdanın en az $1,0 \times 10^6$ kob/g canlı probiyotik mikroorganizma içermesi gerektiği şartına bağlanmıştır (TGK, 2017) (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'nde (Tarih: 26.01.2017/Sayı: 29960) geçen gıda ürünlerinde probiyotik mikroorganizma beyan koşulu

Besin ögesi, madde, gıda veya gıda kategorisi	Beyan	Beyan Koşulu	Sağlıkla İlişkisi ⁽¹⁾
Probiyotik mikroorganizma	Bu gıda probiyotik mikroorganizma içerir. Probiyotik mikroorganizmalar sindirim sistemini düzenlemeye ve bağışıklık sistemini desteklemeye yardımcı olur.	Gıdanın en az $1,0 \times 10^6$ kob/g canlı probiyotik mikroorganizma içermesi gerekir.	Bağışıklık sisteminin normal fonksiyonu

(1) Bu sütunda yer alan bilgiler beyan olarak kullanılamaz. Sadece 'Beyan' sütununda yer alan ibareler beyan koşuluyla birlikte beyan olarak kullanılır.

Probiyotik olarak en sık kullanılan bakteriler *Bifidobacterium* spp. türleri ile *Lactobacillus*, *Lactocaseibacillus* ve *Lactiplatibacillus* vb. laktik asit bakterileridir. Fermentasyon ürünleriyle özellikle süt ürünlerinde koku ve tat gibi duyuşal özelliklerin gelişmesine katkıda bulunurlar, asitliği artırır ve amino asitlerden aromatik bileşikler üretirler (Acar, 2019; Garrison, 2019). *Bifidobacterium* cinsi, yaygın olarak kullanılan diğler bir probiyotik türdür. Bifidobakteri türleri çubuk şeklinde, Gram pozitif, sporsuz, düşük asit toleranslı, katalaz negatif ve anaerobik olarak kategorize edilir. Bu cins bakterilerden *Bifidobacterium longum*, *B. breve* ve *B. infantis* bebeklerin bağırsak sistemine hâkim olan probiyotik çeşitleridir ve *B. adolesans* ve *B. longum*'un yetişkin insan bağırsağında ağırlıklı olarak bulunan türlerdendir. Genellikle probiyotik olarak kullanılan en tanınmış bifidobakteri türleri *B. bifidum*, *B. animalis* ve *B. lactis*'tir (Ahmad, 2019; Nag, 2011). Laktik asit bakterilerinin büyük bir kısmı β -galaktosidaz enzim aktivitelerinin yanında sindirim sisteminde düşük pH ve safra tuzları gibi olumsuz şartlara karşı canlılıklarını ve faaliyetlerini sürdürebilmekte ve bazı faydalı etkiler göstermektedir. Bu sayede probiyotik olma özelliğı taşımaktadırlar. Laktik asit bakterisi olmayan probiyotikler de bulunmakla birlikte günümüzde probiyotik gıdaların üretiminde daha çok laktik asit bakterileri tercih edilmektedir (Açu, 2014; Djukić-Vuković ve ark., 2021; Durlu Özkaya, 2015; Sağdıç ve Arıcı, 2021). Probiyotik laktik asit bakterileri, proteolitik aktivitelerinin yoğurt bakterilerine göre daha zayıf olması nedeniyle sütte inkübasyon süreleri daha uzundur, bu nedenle fermente süt ürünlerinin üretiminde genellikle yoğurt bakterileri ile birlikte kullanılırlar (Alibekiroğlu, 2014; Kaya, 2015; Sağdıç ve ark., 2004). Probiyotik olarak kullanılan bazı tanımlanmış laktik asit bakterileri *L. crispatus*, *L. amylovorus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, *L. johnsonii*, *L. paracasei*, *L. gasseri*, *L. plantarum*, *L. reuteri* ve *L. rhamnosus*'dur (Mäyrä-Mäkinen ve Bigret, 1993). Probiyotiklerin çeşitli gıda bileşenlerini fermente etmesi ile kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumu, lipid metabolizmasının düzenlenmesi, bağırsak pH'sının düşürülmesi, patojen gelişiminin baskılanması, bağışıklığın geliştirilmesi ve kalsiyum emiliminin artırılması gibi vücuda yararlı etkiler ortaya çıkmaktadır. Gıda ürünlerinde kullanılan çeşitli probiyotik mikroorganizma çeşitleri Tablo 1.3'te verilmiştir (Çam, 2020; Markowiak ve Slizewska, 2017).

Tablo 1.3. Gıda ürünlerinde kullanılan çeşitli probiyotik mikroorganizmalar

Mikroorganizma cinsi	Mikroorganizma türü
<i>Aspergillus</i>	<i>A. niger, A. oryzae</i>
<i>Bacillus</i>	<i>B. subtilis, B. pumilus, B. lentus, B. licheniformis</i>
<i>Bacteriodes</i>	<i>B. capillus, B. suis, B. ruminicola, B. amylophilus</i>
<i>Bifidobacterium</i>	<i>B. bifidum, B. animalis lactis, B. adolescentis, B. breve, B. infantis, B. longum, B. thermophilum</i>
<i>Candida</i>	<i>C. torulopsis</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>E. faecium</i>
<i>Lactocaseibacillus</i>	<i>L. rhamnosus, L. casei, L. paracasei</i>
<i>Lactiplantibacillus</i>	<i>L. plantarum</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>L. acidophilus, L. crispatus, L. gasseri, L. johnsonii, L. helveticus</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>L. mesenteroides</i>
<i>Levilactobacillus</i>	<i>L. brevis</i>
<i>Ligilactobacillus</i>	<i>L. salivarius</i>
<i>Limosilactobacillus</i>	<i>L. fermentum, L. reuteri</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>P. cerevisiae, P. acidilactici, P. pentosaceus</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>P. shermanii, P. freudenreichii</i>
<i>Saccharomyces</i>	<i>S. cerevisiae var. boulardii</i>
<i>Shouchella</i>	<i>S. clausii (eski adı Alkalihalobacillus clausii)</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>S. cremoris, S. thermophilus, S. intermedius, S. lactis, S. diacetilactis</i>
<i>Weizmannia</i>	<i>W. coagulans (eski adı Bacillus coagulans)</i>

Probiyotik kültürler yoğurt kültürleri ile birlikte, bir arada ya da tek başlarına kullanılarak fermente süt ürünleri üretilebilmektedir. Yaygın olarak birden fazla probiyotik birarada kullanılmakla birlikte fazla yaygın olmayan asidofiluslu süt ve bifiduslu süt gibi tek bir probiyotik kültürle fermente edilmiş ürünler de bulunmaktadır. Asidofiluslu süt, yalnızca *L. acidophilus* kültürü kullanılarak fermentasyonla üretilen, yaklaşık 10^7 - 10^8 kob/g canlı bakteri içeren bir fermente süt ürünüdür. Fermentasyonu için süt, yaklaşık 38°C'de 18-24 saat boyunca %2-5 *L. acidophilus* kültürü ile inkübe edilir. *L. acidophilus*'un aside dayanıklılığı oldukça iyidir, elde edilen süt ürünü düşük bir sıcaklıkta saklanırsa yüksek (%1-2) laktik asit içerir. İlk üretiminin 1920 yılından Amerika Birleşik Devletleri'nde yapıldığı ve gastrointestinal ratasızlıkların tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir. Özellikle 2. Dünya Savaşı sırasında antibiyotiklerin kullanılmaya başlaması ve yaygınlaşması sonrasında ortaya çıkan yan etkilerden diyarenin tedavisinde de asidofiluslu süt kullanılmıştır. Tadı pek beğenilmediği için sonraki yıllarda tüketimi giderek azalmıştır. 1934 yılına gelindiğinde ise Henneberg, *L. acidophilus* ilaveli yoğurt üretmiş ancak o yıllarda halk tarafından probiyotik olarak değeri anlaşılamadığı için

ilgi görmemiştir. *L. acidophilus* ve diğer bazı probiyotiklerin ilave edildiği yoğurtlar ilerleyen yıllarda tüketicilerin probiyotikler ve sağlık yararları üzerine bilinçlenmesiyle ilgi görmeye başlamıştır (Ahmad, 2019; Özden, 2008; Tunail, 2009; Walstra ve ark., 2005).

1.4.1. *Lactocaseibacillus rhamnosus*

Eskiden *Lactobacillus* cinsi içerisinde bulunan son sınıflandırmayla *Lactocaseibacillus* cinsine dâhil edilen *L. rhamnosus*, fakültatif heterofermentatiftir, pentozları ve glukagonları fermente edebilir. Fakültatif anaerobtur, oksijensiz ortamda L (+) laktik asit ve etanol üretebilir. Doğal olarak insan gastrointestinal florasının bir üyesidir, bağırsak duvarlarına tutunabilir ve düşük pH'lara karşı dirençlidir (Canbulat, 2010; Goldin ve ark., 1992; Reid, 2002; Reid ve Burton, 2002; Tonguç, 2006). Süt ürünlerinde çabuk üreyebilmeleri ve ekstraselüler polisakkarit üretebilme yetenekleri sebebiyle eskiden üyesi olduğu *Lactobacillus* cinsine ait diğer türlerden farklılık göstermektedir (Hessle ve ark., 1999). *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*'a benzer şekilde sütü tek başına 6 saate yakın bir sürede fermente edebilir ve dondurulmuş ortam koşullarda *L. acidophilus*'tan daha yüksek oranda hayatta kalabilir. Bu nedenle dondurma için avantajlı bir probiyotiktir, ancak yine de yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmalarla ilgili sınırlı sayıda çalışmada kullanılmıştır (Abghari ve ark., 2011; De Farias ve ark., 2019; Di Criscio ve ark., 2010; Rungsri ve ark., 2017).

L. rhamnosus'un en çok çalışılan suşu çeşitli yararlı etkileri kantılanmış olan *L. rhamnosus* GG'dir. 1985 yılında Sherwood Gorbach ve Barry Goldin tarafından sağlıklı bir insanın bağırsak yolundan izole edilmiştir (Alander ve ark., 1997; Gorbach ve ark., 2017). 1990'lı yıllarda özellikle çocuk sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinin fark edilmesi nedeniyle bebek ve çocuk ürünlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Canbulat, 2010; Reid, 2002; Reid ve Burton, 2002). *L. rhamnosus* GG'nin, çocuklarda antibiyotiklere bağlı diyarenin hafifletilmesi, rotavirüsün engellenmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, atopik ve alerjik cilt rahatsızlıklarının önlenmesi gibi olumlu etkiler gösterdiği rapor edilmiştir. *L. rhamnosus* GG'nin ayrıca bağırsak mukoza dengesini sağlayarak akut gastroenterit (bağırsak enfeksiyonu) süresini kısaltabildiği bildirilmektedir (Canbulat, 2010; Huang ve ark., 2002; Kavaz, 2012; Saarela ve ark., 2000). Alerjisi olan çocuklarda alerji tedavinin yanında *L. rhamnosus* GG ve *B. lactis* BB-12 ilaveli gıda takviyesi yapıldığında alerjik belirtilerin kontrol altına alınmasında olumlu sonuçlar alındığı bildirilmiştir. Bu nedenle bebek ve çocuk

mamalarında sıklıkla *Bifidobacterium bifidum* ile birlikte de kullanılmaktadır (Canbulat, 2010; Canbulat ve Özcan, 2007; Kalliomäki ve ark., 2003; Majamaa ve Isolauri, 1997). Alerjik bir deri hastalığı olan atopik dermatitin (egzama) çocuklarda %1-3 oranında görüldüğü bildirilmekle birlikte bu tür allerjiye sahip annelerin çocuklarında ise görülme oranının %27'lere kadar çıktığı rapor edilmiştir. Bir çalışmada inek sütü alerjisi ve egzaması olan bebeklere ilk bir yaşlarında mama ile birlikte *L. rhamnosus* GG verilmiştir. Bu sayede tedavide olumlu gelişmeler görüldüğü rapor edilmiştir (Canbulat, 2010; Majamaa ve Isolauri, 1997).

1.4.2. Probiyotik olarak kullanılan sporlu bakteriler

Probiyotik olarak önde gelen bakteriler *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactocaseibacillus* ve *Lactiplatibacillus* vb. cinslerine ait çeşitli türlerdir (Açı, 2014; Ahmad, 2019; Holzapfel ve ark., 2001). Fermente süt ürünlerinde asitlik, bu probiyotik kültürleri olumsuz yönde etkileyerek gelişimleri için sınırlayıcı bir faktör olabilmektedir. Bunun yanında yoğurt ve dondurma gibi ürünlerde malzemelerin karıştırılması esnasında ürüne giren oksijen mikroaerofilik ve zorunlu anaerobik probiyotikler için sorun oluşturabilir (Çam, 2020; Yeo ve ark., 2011). Bu tür sorunlar, probiyotik gıda endüstrisini spor oluşturan organizmaların probiyotik özelliklerini araştırmaya yöneltmiştir. Probiyotik bakterilerden spor formunda olanlar, güçlü mide asidinden, antibiyotiklerden, yüksek ve düşük sıcaklıklardan korunabilmektedirler. Bu sebeple spor oluşturan ve laktik asit üreten bakteriler gıda teknolojisi açısından probiyotik olarak kullanılmak üzere önemli bir potansiyele sahiptir (Garrison, 2019; Özüsaglam, 2010; Suzuki ve Yamasato, 1994).

Bakteri sporları, sıcak, soğuk, asitlik vb. zorlu koşullara karşı bakteri hücrelerine göre daha dayanıklı olan yapılardır. Bakteri sporları, vejetatif formlarının dayanıklılık gösteremeyeceği koşullarda hayatta kalabilmek için oluşurlar. Spor oluşumunu olumsuz çevre koşulları tetikler, bu koşullar bakteri tarafından algılanır ve metabolizma spor oluşturmak üzere harekete geçer. Spor hâlindeyken sıcak, soğuk, asitlik ve su aktivitesi düşük ortamlarda vejetatif forma göre daha dirençlidirler ve spor olarak uzun süre canlı kalabilirler. Spor uyku hâline benzer bir hâlde de olsa yine de canlı bir kültürdür, bir ürüne spor olarak dahil edildiğinde, ısıtma işlemi, dondurma vb. zorlu işleme ortamlarına dayanabilir ve uygun koşullarda raf ömrü boyunca kararlı (stabil) kalabilir. Spor, gelişmesi için uygun ortam oluşana kadar bu hâlde kalır ve uygun ortamlar oluştuğunda su alarak çimlenmeye başlar. Bu doğal koruma,

mikroorganizmanın ürünün işlenmesi, depolanması ve tüketimiyle gastrointestinal sisteme geçişi aşamalarında hayatta kalma oranının yüksek kalmasına yardımcı olabilir. Bu tür bir üründe probiyotik sayısı geleneksel probiyotiklere kıyasla daha uzun süre istenen seviyede kalabilir, bu sayede ürünün probiyotik olarak raf ömrünü uzatabilir (Garrison, 2019; Setlow, 2014).

Bacillus, son derece çeşitli bakteri türlerini içeren bir cinstir. İlk tanımlanmasının 1872'de yapıldığı bildirilmektedir. *Bacillus* cinsinin bazı türleri, antimikrobiyal maddeler üretme, spor oluşturma özellikleri ile gastrointestinal sistemde daha yüksek oranda hayatta kalma şansları ve sporlarının bağırsaklarda çimlenebilme yetenekleri nedeniyle probiyotik olarak ilgi çekmiştir (Garrison, 2019; Patel ve Gupta, 2020; Sorokulova, 2013). Bu cinsin bir türü olan *Bacillus subtilis*, spor oluşturduğu bildirilen ilk mikroorganizmadır. Gram pozitif bakteriler için bir model organizma olarak ve bakterilerde spor oluşumunu anlamak için kapsamlı bir şekilde araştırmalara konu olmuştur (Errington, 2003; Garrison, 2019; Patel ve Gupta, 2020). Spor oluşum mekanizmasının tüm spor oluşturan bakterilerde benzer olduğu rapor edilmiştir. Spor oluşumu, asimetrik bir hücre bölünmesiyle başlar, küçük kısım spor hâline geçerken ana hücre denilen büyük kısım spor kısmının dış koruyucu katmanlarını oluşturur (Errington, 2003; Garrison, 2019). Spor, aşırı sıcak, UV radyasyon, oksidasyon ve düşük su aktivitesine karşı artırılmış korumaya sahiptir. Bunun yanında saptanabilir neredeyse hiç metabolik aktiviteye sahip olmamasına rağmen yine de canlı bir hücredir, uygun gelişme koşulları için çevresini izler ve koşullar uygun hâle geçtiğinde çimlenerek yanıt verir (Nicholson ve ark., 2003). Çimlenme sürecinde hâlen bilimsel olarak açıklanamayan noktalar bulunmakla birlikte, spor kabuğunu açan çimlenme reseptörlerinin aktivasyonu için belirli bir besin maddesi gibi çimlenme faktörlerine ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir. Çimlenme ile spor hücresi tekrar vejetatif hücre hâline döner (Moir, 2006). Çimlenme faktörleri türler ve suşlar arasında değişiklik gösterebilir ancak genellikle amino asit, şeker veya pürin nükleositlerdir. *B. subtilis* için çimlenme tetikleyicileri L-valin ve L-alanindir (Atluri ve ark., 2006; Garrison, 2019). Geçmişten günümüze *Bacillus* türleri hakkında yapılan birçok çalışmaya rağmen bu cinsin genel filogenetik ve evrimsel tarihi tam çözülebilmemiş değildir (Harirchi ve ark., 2022; Patel ve Gupta, 2020).

Bacillus türleri probiyotik olarak ilgi çekmeye devam ederken *B. anthracis*, *B. cereus*, *B. thuringiensis*, *B. weihenstephanesis* gibi bazı türlerinin patojen özellikleri bu cins

bakteri hakkında olumsuz bir algı ortaya çıkartabilmektedir. Yapılan hücre içi (in vivo) çalışmalarla patojen olan bu türler dışında probiyotik olarak kabul gören *Bacillus* türlerinde herhangi bir toksisiteye rastlanmamıştır (Ersoy ve ark., 2023; Sanders ve ark., 2003). *Bacillus* türlerinden patojen olmayanlar, gıdalarda kullanım için GRAS özellikte amilaz, glukoamilaz, proteaz, pektinaz vb. çeşitli ekstraselüler enzimlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu tür enzimlerin dışında koagulin ve subtilin gibi çeşitli antimikrobiyal maddeler, vitamin ve karotenoid gibi ikincil metabolitler de üretmektedirler (Bernardeau ve ark., 2017; Elshaghabee ve ark., 2017; Ersoy ve ark., 2023; Sanders ve ark., 2003). *Bacillus* türleri mısır, keçiyoynuzu, pirinç ve soya gibi hammaddelerin fermentasyonunda kullanılabilmektedir. Japonya’da Natto isimli geleneksel fermente gıdanın üretimi *Bacillus* fermentasyonu ile yapılmaktadır (Elshaghabee ve ark., 2017; Ersoy ve ark., 2023; Sanders ve ark., 2003).

B. subtilis’in aerobik suşlarının elektron alıcısı olarak nitrat ve nitriti kullanarak, elektron alıcısı olmadığı durumlarda ise anaerobik olarak fermentasyonla gelişebileceği bildirilmiştir. Benzer şekilde başka bir kaynakta *B. subtilis*’in nitrat solunumu veya fermentasyon ile oksijen seviyesi düşük olan ortamda canlılığını sürdürebileceği tespit edilmiştir (Clements ve ark., 2002; Hong ve ark., 2005). *W. coagulans*, *Bacillaceae* ve *Lactobacillaceae* familyalarının özelliklerini bir arada taşıması bakımından benzersiz bir bakteridir ve homofermantatif L (+) laktik asit üreticisidir (Juturu ve Wu, 2018; Li ve ark., 2018; Zhao ve Ding, 2008). Süt sanayi atıklarından izole edilen *B. subtilis* SK09 suşunun incelendiği bir çalışmada, bu suşun laktozu fermente edebilme yeteneğinin olduğu ve laktoz intoleransı bulunan bireyler için probiyotik katkı olarak kullanıma uygun olduğu öne sürülmüştür (Sreekumar ve Krishnan, 2010). Gastrointestinal sistemde olumlu etkileri olan *B. subtilis* suşuna ait sporlar tam buğday bisküvisi üretiminde kullanımı ile ilgili bir çalışmada, spor sayısının 235 °C’de 8 dakikalık ısı işlem sonrasında sadece 1 log azalmaya uğradığı fark edilmiş, bu özelliğinden dolayı bu sporların çeşitli gıda ürünlerinde probiyotik katkı olarak kullanım potansiyeline dikkat çekilmiştir (Permpoonpattana ve ark., 2012).

Bacillus cinsi bakteriler hakkındaki çalışmalar gün geçtikçe devam etmekte, günümüz teknolojisiyle öncesinde bilinmeyen farklı özellikleri açığa çıkmaktadır. Bu sebeplerden dolayı *Lactobacillus* cinsi bakterilerde olduğu gibi *Bacillus* cinsine ait bakterilerde de son yıllarda bazı isim değişiklikleri yapılmıştır. Öncesinde *Bacillus*

cinsi olarak anılan bakterilerin bir kısmı *Alkalihalobacillus* cinsine dâhil edilmiş, sonrasında *Alkalihalobacillus* cinsi bakteriler de bazı farklı cinslere ayrılmıştır. Örneğin; *Bacillus clausii* (Nielsen ve ark., 1995) olarak bilinen bakteri ilerleyen yıllarda önce *Alkalihalobacillus clausii* (Patel ve Gupta, 2020) son olarak da *Shouchella clausii* (Joshi ve ark., 2021) olarak adlandırılmıştır. Önceden *Bacillus coagulans* olarak adlandırılan bakteri ise cins ismindeki değişiklik sebebiyle artık *Weizmannia coagulans* olarak adlandırılmaktadır (Gupta ve ark., 2020).

Yeni adıyla *Shouchella clausii* bakterisi öncesinde *Bacillus* cinsine ait olup *Bacillus clausii* olarak anılmaktaydı. *S. clausii* gram pozitif ve katalaz pozitif aerobik endosporlu fakültatif alkalifilik çubuk şekilli bir probiyotik bakteridir. *S. clausii*'nin sıcaklık, pH ve tuzluluğa karşı toleransı diğer probiyotiklere göre yüksektir. %10'a kadar NaCl bulunan ortamlarda gelişebilmektedir. Gelişme sıcaklığı farklı kaynaklarda 15-50 °C, 30-50 °C ya da 25-75 °C olarak geçmektedir. Çeşitli biyokimyasal çalışmaları için bakteri 10 mM tiricine katkılı (pH 7,9) Lysogeny broth (LB, trypton yeast with NaCl) besiyerinde geliştirilmiştir. *S. clausii* pH 7-8 aralığında gelişebilmektedir. Oksijenli solunum ya da fermentasyon yapabilmektedir. Aerobik suşlarda elektron alıcısı olarak nitrat ve nitrit kullanılarak veya elektron alıcısı olmadığı durumda fermentasyonla anaerobik gelişim görülebilmektedir. Bir örnekteki *S. clausii* sayısı Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılarak 30 °C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılan petrillerdeki kolonilerin sayımı ile tespit edilebilmiştir (Abbrescia ve ark., 2014; Seiler, 2010). *S. clausii*'nin bazı suşlarının β -galaktozidaz enzim aktivitesi ve proteolitik aktivitesinin olduğu ve laktozu gaz çıkışı olmaksızın fermente edebildiği bildirilmektedir. Bu özellikleri sayesinde sütte fermentasyon yapabilme yeteneği bilinmesine rağmen *S. clausii*'nin süt ve süt ürünlerinde gelişimi ile ilgili sınırlı çalışmalar bulunmaktadır (De Jonghe ve ark., 2010; Morganti, 2020; Ripert ve ark., 2016). Bir çalışmada 1×10^6 kob/mL konsantrasyondaki *S. clausii* kültüründen 1 mL alınarak öncesinde 80 °C'de 15 dk pastörize edilmiş olan 100 mL peynir altı suyuna ilave edilmiştir. 5 gün boyunca 25 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Bu yöntemin yeni süt ürünlerinin geliştirilmesi için kullanılabileceği önerilmiş, aynı zamanda *S. clausii*'nin proteolitik aktivitesine dikkat çekilmiştir (Rochín-Medina ve ark., 2018).

Bakteriyel patojenite suşa özgü olduğu için probiyotik özelliklerin de suşa özgü olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle probiyotik olarak potansiyel taşıyan her bakteri suşu

ayrı ayrı test edilmelidir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada Unique Biotech Ltd. (Hindistan) firması tarafından izole edilmiş *B. clausii* (*S. clausii*) MTCC 5472 (UBBC-07) suşunun güvenilirliği test edilmiştir. Gram pozitif, spor oluşturan, hareketli, çubuk şeklinde olan bu bakterinin toksin genlerinin ve aktarılabılır antibiyotik direnç genlerinin olmadığı ve insanî tüketim için güvenli olarak kabul edilebileceği rapor edilmiştir. Ayrıca çeşitli formülasyonlarda ve gıdalarda geniş bir sıcaklık aralığında stabil olduğu da bildirilmiştir (Lakshmi ve ark., 2017; Sorokulova, 2013).

B. coagulans (*W. coagulans*) ilk başta 1915 yılında konserve sütte bozulmaya neden olan bir bakteri olarak tanımlanmış, asit ve termal koşullara olan toleransı bildirilmiştir (De Clerk ve ark., 2004; Hammer, 1915). Gram pozitif, hareketli ve tek veya kısa zincirler hâlinde çubuk şeklinde bir bakteridir. Fakültatif anaerobtur ve spor oluşturma yeteneğine sahiptir. 30-55 °C’de aralığında ve 5,5-6,5 pH aralığında gelişme gösterebilir (De Vecchi ve Drago, 2006). Bununla birlikte son yıllarda spor oluşturma yeteneğinin yanında probiyotik özelliklere de sahip olması ve laktik asit üretme yeteneği sayesinde probiyotik endüstrisinde dikkat çekmeye başlamıştır. Bu bakteri üzerindeki araştırmalar hâlen sınırlı düzeyde olmakla birlikte irritable bağırsak hastalığı, *Clostridium difficile* kaynaklı kolit ve romatoid artrit gibi bazı sağlık sorunlarının iyileşmesinde olumlu etkiye bulunduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır (Garrison, 2019). ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından *W. coagulans*’a genel olarak güvenilir olarak tanımlanan GRAS statüsü verilmiştir. Hücre içi (in vivo) güvenliğinin değerlendirildiği bir çalışmada $9,52 \times 10^{11}$ kob kadar yüksek dozun 70 kg kütleyle sahip bir insan için güvenli olduğu ve iyi bir şekilde tolere edilebildiği gösterilmiştir (Endres ve ark., 2009). *W. coagulans*’ın olası gen değişimiyle ilgili risklerinin değerlendirildiği bir çalışmada yapılan genomik analiz ile bu türdeki antibiyotik direnciyle ilgili genlerin diğer bakterilere kolayca aktarılamayacağı ve potansiyel güvenlik riskleri olan başka hiçbir genin elde edilemeyeceği ileri sürülmüştür (Salvetti ve ark., 2016). Bununla birlikte, çeşitli çalışmalar da *B. coagulans* (*W. coagulans*) MTCC 5855, *B. coagulans* (*W. coagulans*) PTA-6086 ve *B. coagulans* (*W. coagulans*) 15B gibi *Bacillus coagulans* suşlarının gıda endüstrisinde uygulanabileceğini gösteren hücre dışı (in vitro) fermantasyon özelliklerini ortaya koymuştur (Juturu ve Wu, 2016; Konuray ve Erginkaya, 2018). Global gıda piyasasında probiyotik olarak *W. coagulans*’ın bulunduğu çikolata, dondurma ve makarna gibi ürünler bulunmaktadır. Yaygın probiyotiklere kıyasla *W.*

coagulans'ın avantajlı görülen özelliği spor oluşturma yeteneği ile ilave edildiği gıdalarda stabilitesini ve canlılığını garanti etmesidir (Majeed, ve ark., 2016a). *W. coagulans* sporları gıda işleme basamaklarından pişirme ve kaynatma gibi işlemlere karşı dirençlidir. Bu özelliği fonksiyonel tahıl bazlı ürünlerde de kullanımını ideal bir seçim hâline getirmiştir (Fares ve ark., 2015; Konuray ve Erginkaya, 2018). Canlılığını koruma özelliğinin yanında *W. coagulans* ilavesinin gıdalarda duysal kalite ve beslenme özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı da ortaya konulmuştur (Cao ve ark., 2020; Kobus-Cisowska ve ark., 2019). Garrison (2019), *B. coagulans* (*W. coagulans*) Unique IS-2 sporlarının termal direncinin yüksek olması sebebiyle ısıtıl işlem görmesi gereken gıda ürünleri için potansiyel bir probiyotik seçimi olabileceğini vurgulamıştır.

B. coagulans (*W. coagulans*) MTCC 5856 (SBC37-01) Sabinsa Corporation (ABD) firması tarafından tescillenmiş spor oluşturan probiyotik bir bakteridir, L (+) laktik asit üretebilmektedir. LactoSpore® markasıyla 20 yıldan fazla bir süredir takviye diyet ürünü olarak raflarda yer almaktadır. *B. coagulans* MTCC 5856 suşunun, genetik veya fenotipik olarak değişmediği ve birçok yıllık ticari üretim boyunca tutarlı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bu suşa ait sporların çeşitli fonksiyonel gıdaların işlenmesi ve saklanması sırasında kararlı olduğu belirtilmektedir (Majeed ve ark., 2016 a, b, c).

Sporlu probiyotikler günümüzde yaygın bir şekilde takviye edici probiyotik ürün olarak ticari kapsül ve şase formlarında piyasada yer almaktadırlar. Bunun yanında sporlu bakterilerin yer aldığı probiyotik gıda ürünleri ise yaygın değildir. Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde bir firmanın *W. coagulans* kültürünü probiyotik gıda üretim amaçlı olarak pazarladığı bilinmektedir. Bu firma aynı zamanda dondurma başta olmak *W. coagulans* içeren bazı probiyotik gıda ürünleri üretmektedir. Birkaç ülkenin piyasasında yine bu firmadan alınmış *W. coagulans* içeren gıda ürünleri yer almaktadır ancak bu ürünler şu an için sınırlı düzeydedir. Literatürde ise sporlu probiyotiklerin gıdalarda kullanımı ile ilgili çalışmalar bir süredir kısıtlı düzeydeyken son üç yıldır artmaya başlamıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı sporlu probiyotiklerin bir besiyeri ortamında çoğaltılıp doğrudan ürüne ilavesi ve bu ürünlerdeki canlılığını incelemeye yönelik, daha sınırlı bir kısmı ise fermente gıda üretimine yöneliktir (Anonim, 2023b; Konuray ve Erginkaya, 2018, 2020).

1.5. Prebiyotikler

Prebiyotikler, bağırsakta sindirilemeyen ancak probiyotikler tarafından besin bileşeni olarak kullanılıp fermente edilebilen ve bu sayede probiyotik gelişime katkı sağlayan fermente edilebilir karbonhidratlardır. Kolonda bulunan bir veya daha fazla probiyotiğin gelişimini seçici olarak teşvik etmektedirler. Prebiyotikler, kalsiyum emilimini olumlu yönde etkileyerek kemik mineral yoğunluğunu artırır ve osteoporoz riskini azaltırlar. Bağışıklık sistemini güçlendirir, kalın bağırsak kanseri riskini düşürür ve bağırsak hareketleri üzerinde de olumlu etki gösterirler. Prebiyotiklerin çoğu diyet lif olarak sınıflandırılabilir ve günümüzde kullanılan en yaygın prebiyotik türleri oligosakkaritler, fruktooligosakkaritler ve inüldür (Ahmad, 2019; Ayhan ve Orhan, 2015; Gibson ve ark., 2004; Holscher, 2017; Kaya, 2015).

Diyet lifler bitkilerin gıda olarak tüketilebilen ancak bağırsakta sindirilemeyen, alt sindirim sisteminde bakteriler tarafından metabolize edilebilen kısımlarıdır. Birçok gıda atığı, diyet lifler gibi önemli besin bileşenlerini içermektedir. Diyet lifler polisakkaritler, oligosakkaritler ve lignin içermektedirler (Ayar ve ark., 2018; Sanz ve ark., 2008). Çeşitli diyet liflerin bazı süt ürünlerinde prebiyotik etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Ahmadi ve ark., 2014; Ayar ve ark., 2018; Di Criscio ve ark., 2010; Pandiyan ve ark., 2012b). Prebiyotikler insan bağırsak sistemi tarafından sindirilemeyen, fakat kolondaki yararlı bakterilerin gelişimini ve aktivitelerini destekleyerek fayda sağlayan diyet bileşenleridir. Probiyotik ve prebiyotikler birlikte simbiyotik bir etki göstermektedirler (Slavin, 2013).

Diyet lifleri temel olarak suda çözünen ve çözünemeyenler olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Tahıllar ve sebzelerde bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi hücre duvarı bileşenleri suda çözünmeyen liflerdendir. Bu tür lifler dışkıyı daha yumuşak hâle getirirler. Meyve, yulaf, arpa ve baklagillerde bulunan selülozik olmayan polisakkaritlerden pektin, müsilaj ve zamk gibi maddeler ise suda çözünen diyet liflerdendir. Bu tür lifler ise glikoz emilimini azaltır, serum kolesterol seviyesini düşürür ve bağışıklık üzerinde olumlu etki gösterirler. Diyet lifleri insan sindirim enzimleri tarafından sindirilemez ve bu hâlde kolonun ilk bölgesine ulaşır, zorunlu anaerobik bakteriler için ana enerji kaynağını oluşturur. Diyet lifi prebiyotik özelliklerinin yanında gıdalarda su ve yağ tutma kapasitesini, emülsifikasyonu veya jel oluşumunu artırabilmektedir (Baladura, 2011; Çam, 2020; Dreher, 2001; Elleuch ve ark., 2011; Gibson ve ark., 2017; Scott ve ark., 2013).

Prebiyotik özellikleri nedeniyle diyet liflerinin genel olarak yoğurt bakterileri ve probiyotik bakteriler üzerindeki olumlu etkisi olduğu bildirilmektedir. Son yıllarda yoğurt ve diyet lif katkılı probiyotik dondurmalar üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Diyet liflerinin dondurmadaki çeşitli kültürlerin canlı kalabilirliği üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, diyet liflerin canlı hücre sayısı üzerinde olumlu etkisi olduğunu bildirirken, diğer bazı çalışmalar kayda değer bir etki tespit etmemişlerdir (Akalin ve ark., 2018; Akın ve ark., 2007, Di Criscio ve ark., 2010; Hashemi ve ark., 2013). Literatürde, birçok gıda ürünü olduğu gibi dondurmada da diyet lif kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir kısmından hazır diyet lifler kullanılırken, bir kısmında çeşitli üretim yöntemler ile elde edilen diyet lifler kullanılmıştır (Akalin ve ark., 2018; Ayar ve ark., 2018; Di Criscio ve ark., 2010).

Probiyotik yoğurt dondurmasının fizikokimyasal, reolojik, tekstürel ve duyuşsal özellikleri üzerine 5 farklı diyet lifinin (elma, portakal, yulaf, bambu ve buğday) etkisinin incelendiği bir çalışmada; kontrol dondurmasına kıyasla diyet lif içeren dondurmaların (yulaf hariç) kıvam ve viskoziteleri artış göstermiştir. -18 °C'de 60 günlük depolama sonunda en yüksek viskozite değeri elma lifli olan dondurmada, en yüksek sertlik değeri ise portakal lifli dondurmada görülmüştür. Ayrıca portakal ve elma lifleri dondurmaların erime dirençlerini artırmış; fakat bu örnekler panelistler tarafından tat ve aroma bakımından genel olarak pek beğenilmemiştir (Akalin ve ark., 2018).

1.5.1. Buğday lifi

Buğdayın en dış kısmını oluşturan kepek, zengin bir lif kaynağıdır. Buğday lifi, buğday kepeğinden termo mekanik işlem ve rafinasyonla buğday yan ürünü olarak üretilmektedir. Lif değerinin yanında temel bazı besin elementleri açısından zengin bir kaynak olarak görülmektedir (Baladura, 2011; Ognean ve ark., 2006; Özer, 1998). Lif değeri ve zengin içeriği sayesinde kolon kanserinin önlenmesi, diyabet ve kolesterol gibi hastalıkların tedavisi için kullanılabileceği bildirilmektedir (Baladura, 2011).

Gıda endüstrisinin buğday lifine olan ilgisi, hem yüksek pH değerlerine hem de sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklı olması; bunun yanı sıra su tutma ve bağlama kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Buğday lifi ilave edildiği gıdada ürünün protein yapısını destekleyen bir ağ yapısı oluşmasını sağlamakta ve yağ tutucu özelliği ile emülsiyon oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu sayede ürün yapısında olumlu değişiklikler görülmektedir. Özellikle su tutma özelliği

açısından istenen olumlu etkinin %1-2 oranında buğday lifi ilavesiyle sağlanabileceği belirtilmektedir (Baladura, 2011; Gorlov ve ark., 2015; Jelu-Werk, 2023; Liu ve ark., 2019). Buğday lifi, tat olarak nötr, kokusuz, beyaza yakın açık renkli ve suda çözünmez özelliktedir. Bu özellikleri sayesinde gıdalarda kullanımı duyuşal açıdan da avantajlıdır. Buğday, bambu ve elma lifleri kullanılarak üretilen yoğurtların çeşitli özellikler bakımından karşılaştırıldığı bir çalışmada, duyuşal değerlendirmelerde tat bakımından en yüksek puanları buğday lifli yoğurtlar almıştır, bu özellik açısından en iyi örneğin %1 buğday lifi içeren yoğurt olduğu bildirilmiştir (Jelu-Werk, 2023; Seçkin ve Baladura, 2012).

1.5.2. İnülin

İnülin, β -1,2 bağları aracılığı ile birbirine bağlanmış fruktoz ünitelerinden oluşan bir polimerdir ve bitkilerde depo karbonhidratı olarak bulunmaktadır. Sindirilemeyen oligosakkaritlerden olan fruktooligosakkaritlerdendir. 1800'lü yıllarda andız otu (*Inula helenium*) adlı bir bitki köklerinden elde edilmiştir, 1817'de ise inülin olarak adlandırılmıştır. Son yıllarda gıda endüstrisinde yaygın bir kullanım alanı vardır. Soğan, sarımsak, pırasa, enginar, kuşkonmaz, hindiba kökü ve yer elması gibi çeşitli bitkiler belli oranlarda inülin içermektedirler. Bu bitkiler arasında özellikle hindiba, yüksek inülin içeriği ve veriminin yüksek olması nedeniyle endüstriyel inülin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hindiba kahve yerine de kullanılan ve botanikte *Cichorium intybus* olarak bilinen bir bitkidir. Hindiba kökleri %15-20 oranında inülin ve %5-10 oligofruktoz içeriğine sahiptir. İnülinin endüstriyel üretimi şeker pancarından şeker üretilmesine benzer işlem basamaklarına sahiptir. Toplanıp temizlenen ve yıkanan hindiba kökleri işleme alınır. İnülin tozu 10-12 °C'lerde polimerize edilerek 2-60 ünite zincir uzunluğuna sahip moleküllerden oluşan inülin tozu elde edilmektedir. Elde edilen ürün %6-10 oranında glikoz, früktoz ve sukroz içeren şekerlerden oluşmaktadır (Belitz ve ark., 2009; Canbulat, 2010; Frank, 2014; Kavaz, 2012; Kaya, 2015; Meyer, 2009; Roberfroid, 2005; Toneli ve ark., 2010).

İnülin de selüloz gibi ince bağırsakta sindirilemez, kalın bağırsağa ulaştığında orada bulunan bakteriler tarafından anaerobik fermantasyonda kullanılarak kısa zincirli yağ asitleri üretilir (Cardarellia ve ark., 2008; Kavaz, 2012). 2-60 ünite ya da daha fazla zincir uzunluğuna (polimerizasyon derecesi) sahip inülin ince bağırsakta hidrolize olmadan kalın bağırsaklara geçer. Kolonda *Bifidobacterium* spp. ve *Lactobacillus* spp. vb. bakteriler tarafından fermantasyonda kullanılarak prebiyotik etki göstermektedir

(Canbulat, 2010; El-Nagar ve ark., 2002; İnanç ve ark., 2005). İnülin, kolonda her bir gramıyla dışkıda 2 g kütle artışı sağlar. Kolon kanseri gelişme riski ile dışkı kütleindeki artışın ters orantılı olması nedeniyle bu etkinin yararlı olduğu rapor edilmiştir (Canbulat, 2010; Gallaher ve ark., 1996).

İnülinin, gıda endüstrisi açısından en cazip özelliği ilave edildiği gıdanın duysal kalitesini düşürmeden prebiyotik etki göstermesidir. Ayrıca bazı ürünlere yağ ikamesi olarak da ilave edilebilmektedir (Canbulat, 2010; El-Nagar ve ark., 2002; İnanç ve ark., 2005). İnülin ve farklı şeker oranlarının probiyotik dondurmanın fiziksel ve duysal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada şeker oranındaki artışın bu özellikleri olumlu etkilediği belirtilmiştir. İnülinin ise duysal kaliteyi bozmaksızın viskozite, ilk damlama ve tamamen erime sürelerini geliştirdiği saptanmıştır (Akın ve ark., 2007). *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus* ilaveli yoğurt üretiminde %2 inülin kullanımının bu bakterilerin gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirlenmiştir (Sadek ve ark., 2006). Kısa zincirli inülin kullanımı ile probiyotik yoğurt içerisinde *L. rhamnosus* canlılığının arttığı, bunun yanında yüksek polimerizasyon derecesinin inülinin *L. rhamnosus* tarafından kullanılabilirliğini azalttığı bildirilmiştir (Canbulat, 2010). Kavaz (2012), inülin ve demineralize peyniraltı suyu tozu (d-PAS tozu) ilaveli probiyotik yoğurtlarla yaptığı çalışmada inülin oranı yüksek olan örneklerin (%3,0) duysal açıdan en çok beğenilen örnekler olduğunu açıklamıştır.

1.6. Dondurma

Dondurma; temel hammadde olarak süt, krema, yağsız süt kuru maddesi, şeker, stabilizatör, emülgatör maddeler kullanılarak hazırlanan dondurma karışımının pastörizasyonu, olgunlaştırılması ve hava verilerek ya da verilmeden dondurulması ile elde edilen donmuş hâlde kompleks fizikokimyasal bir sisteme sahip süt ürünüdür (Arslaner ve Salık, 2017; Demir, 2019; Türkmen ve Gürsoy, 2017). Dondurma üretimi için hammaddelerin belirli bir reçeteye göre karıştırılması ile hazırlanan henüz dondurulmamış hâldeki dondurma karışımına dondurma miksi denilmektedir. Dondurma miksi, temelde içerdiği bileşenlere ek olarak çeşitli renklendirici, aroma verici çeşniler vb. bileşenler de içerebilir (Deosarkar ve ark., 2016; Durlu Özkaya, 2015; Üçüncü, 2021). Dondurma, işlenmiş son ürünü olarak laktoz, polisakkaritler, protein, yağ damlacıkları, mineral tuzları, buz kristalleri ve hava hücrelerinin dağıldığı

bir yapıdan oluşan dondurulmuş karmaşık kolloidal bir sistem olarak da tanımlanabilir (Çam, 2020; Goff ve Hartel, 2013).

Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği (Tebliğ No: 2022/13)'nde yer alan tanıma göre ise dondurma “Dondurma karışımının pastörizasyon veya pastörizasyona eş değer bir ısı işlem sonrası, tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen, yumuşak halde ya da sertleştirildikten sonra tüketime sunulan ürünü ifade eder”, sade dondurma “Kullanılması durumunda vanilya aromaları hariç olmak üzere, aroma verici ve aroma verme özelliği taşıyan gıda bileşenleri ile çeşni maddesi içermeyen dondurma karışımından elde edilen dondurmayı ifade eder.” Çeşni maddeleri ise “Meyveler ve sebzeler ile bunların suyu, konsantresi, püresi, ezmesi, fındık, fıstık, antepfıstığı, badem, ceviz gibi sert kabuklu meyveler, bal, kahve, kakao, çikolata, vanilya, nane, tarçın gibi yenilebilir ürünleri ifade eder.” Çeşnili dondurma “Dondurma karışımına çeşni maddeleri ilave edilerek elde edilen dondurmayı ifade eder.” Fermente süt ürünler içeren dondurmaların hijyen kriterleri açısından “Fermente süt ürünleri içeren dondurmalarda toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı değerlendirmeye alınmaz.” hükmü yer almaktadır. Yasal açıdan miksin bileşimi çok fazla sınırlandırılmamakla birlikte Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği'nde (Tebliğ No: 2022/13) dondurma ürün gruplarında kuru madde, süt yağı ve yağsız süt kuru maddesi değerleri ağırlıkça % değerleri limitlere tabidir (TGK, 2022a). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği (Tebliğ No: 2022/13) Ek-1'e göre dondurma bileşimi Tablo 1.4'te yer almaktadır.

Tablo 1.4. Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği (Tebliğ No: 2022/13)'ne göre dondurmanın bileşimi

Ürün Grupları	Toplam Madde (kütlece (En az)	Kuru %,)	Süt Yağı (kütlece %)	Yağsız Süt Kuru Maddesi (kütlece %), (En az)
Yağsız Dondurma	28		Süt yağı < 0,5	10
Az Yağlı Dondurma	28		$0,5 \leq \text{Süt yağı} < 3$	10
Yarım Yağlı Dondurma	31		$3 \leq \text{Süt yağı} < 8$	10
Yağlı Dondurma	36		$8 \leq \text{Süt yağı} < 12$	10
Tam Yağlı Dondurma	40		Süt yağı ≥ 12	10

Dondurma üretimi genel hatlarıyla şu şekilde özetlenebilir: Dondurma üretiminde kullanılacak reçete hazırlanır. Hammaddeler bu reçeteye göre tartılır ve karıştırılır. Karışıma 50-60 °C'de ön ısıtma uygulanır, bu sıcaklıkta katı ve sıvı bileşenlerin iyice karıştırılır. Sonrasında pastörizasyon sıcaklıklarında ısı işlem uygulanır. Isıl işlem

hem zararlı mikroorganizmaların inaktive edilmesini hem de karışıma giren maddelerin iyice karışmasını sağlar. Isıl işleminden hemen sonra 70-80 °C’de karışım homojenize edilir. Homojenizasyon ile miksin işleme özellikleri geliştirilir, olgunlaştırma süresi kısaltılır. Bu işlemin ardından karışım hızlıca 4 °C’ye soğutulur. Bu işlemler sonunda elde edilen dondurma miksi olgunlaştırma işlemi için 4 °C’ye soğutulmuş bir ortama alınarak ortalama 24 saat olgunlaştırılır. Olgunlaşmış miks, karıştırarak soğutan ve aynı zamanda da mikse hava veren bir dondurma makinesinde işlenerek dondurma hâline dönüştürülür. Elde edilen dondurma -6 °C ve altındaki sıcaklıklara indiğinde paketlenme yapılır. Paketlenen dondurmalar sertleştirilir ve depolanır (Durlu Özkaya, 2015; Üçüncü, 2021).

Dondurmanın karmaşık bir koloidal sistem olması nedeniyle, üretimi sırasında arzu edilen tadı, ağızda bıraktığı his, aroması, yapısı ve dokusu ile ilgili birçok hususun dikkate alınması gerekir. Dondurmanın herhangi bir bileşenindeki küçük değişiklikler, dondurmanın yapısını bozabilecek kusurlara neden olabilir. Dondurmada bileşenlerin fazla veya az kullanılması sonucu istenilmeyen etkiler görülebilmektedir. Dondurma bileşenleri, bir arada kullanıldığında ayrı ayrı ya da sinerjik etkiler göstermektedirler. Ayrıca bazı bileşenler, dondurmayı koyulaştıran, çırpma kabiliyetini artıran, serbest suyu bağlayan, erimeyi azaltan, peynir altı suyu oluşumunu önlemeye yardımcı olan ve yapıyı koruyan dengeleyiciler gibi çeşitli şekillerde dondurmayı etkiler. Ancak diğer yandan fazla kullanım topaklanmaya neden olabilir ve akışkanlığı azaltabilir. Dondurma bileşiminde yer alan maddelerin yeterli ve doğru oranlarda kullanılması ürün kalitesi açısından kritik bir noktadır. Bileşenlerin gereğinden az ya da fazla kullanılması çeşitli sorunlara yol açabilmektedir. Diğer önemli bir nokta ise miksin stabilizasyonudur (Altun, 2012; Syed ve ark., 2018). Dondurma kompleks bir sistem olduğundan içeriğindeki bileşenler ve işleme yöntemlerinin teknolojik özellikleri üzerinde karmaşık sayılabilecek çok çeşitli etkileri vardır. Kuru madde, protein, yağ ve şeker oranları duyuşal, fiziksel ve kimyasal özellikler üzerinde etkilidir. Süt, krema, yağsız süt kuru maddesi gibi süt kaynaklı bileşenler ve tatlandırıcıların yanında reçetelerin oluşturulmasında az miktarda kullanılmalarına rağmen ürün kalitesi açısından büyük öneme sahip olan iki önemli bileşen stabilizatör ve emülgatördür. Stabilizatörler proteinler arası çapraz bağ oluşturarak miks yapısını kuvvetlendirir, serbest suyu absorbe ederek azaltır ve buz kristallerinin küçülmesini sağlarlar. Bu sayede ürünlerin üretimden sonraki sertleştirme, satış ve raf ömrü aşamalarında

fizikokimyasal yönden kararlı ürünlerin oluşmasını sağlarlar. Emülgatörler ise miks bileşimindeki yağ ve su fazlarının homojen bir karışım oluşturmalarını ve oluşan bu homojenliğin sürekli olmasını sağlarlar (Goff ve Hartel, 2013; Gönç ve Enfiyeci, 1987; TGK, 2013).

Stabilizatörlerin bahsedilen bu olumlu özellikleri gösterebilmesi için çok düşük oranlarda (<%1, a/a) kullanılmaları yeterli gelmektedir. Stabilizatör olarak alginatlar ve karragenan gibi hayvansal, guar gam, pektin ve salep gibi bitkisel ksantan gam ve selüloz gibi bakteriyel kaynaklı ve karboksimetil selüloz (CMC) gibi kimyasal çeşitli hammaddeler kullanılabilmektedir (Göncü, 2012; Gönç ve Enfiyeci, 1987; Şimşek ve ark, 2006). Stabilizatörler çeşitli fonksiyonlarıyla beraber dondurmanın duysal karakteristiklerini de etkilerler. Dondurmadaki serum fazın viskozitesi dondurmanın yapı ve kıvam gibi ağız dolgunluğuna hitap eden özelliklerini olumlu yönde etkilemekte, bu sayede genel kabul edilebilirliği artırmaktadır. Stabilizatörler, aynı zamanda buz kristallerinin neden olduğu ağızdaki buzluluk hissinin azaltılmasında da etkilidirler (Demir, 2019). Dondurma bileşimlerinde stabilizatörlerin tek başlarına kullanılmaları yerine birkaç stabilizatörün karışım halinde kullanılmasının kalite özelliklerini daha fazla geliştirdiği çeşitli çalışmalarla desteklenmiştir (Güven ve ark., 2010; Şimşek ve ark., 2006; Türkmen, 2019). Dondurma üretiminde sıklıkla kullanılan stabilizatörlere örnek olarak CMC, guar gam ve ksantan gam verilebilir. CMC, selüloz türevi bir stabilizatördür. Suda kolay çözünebilen bir hidrokolloittir ve birçok gıda çeşidi için uygundur, bu sebeple ticari olarak yaygın bir kullanım alanı vardır. Guar gam, *Cyamopsis Tetragonoloba* bitkisinin tohumundan elde edilen bir stabilizatördür. Yüksek sıcaklıkta kısa süre boyunca uygulanan ısı işlem uygulamasında gösterdiği etkili hidrasyon oranı ve su bağlama özellikleri nedeniyle endüstriyel dondurma üretiminde yaygın bir kullanımı vardır (Çakmakçı, 2010). Ksantan gam, esasında bitki patojeni olarak bilinen *Xanthomonas campestris* bakterisi tarafından üretilen kompleks bir ekzopolisakkarittir. Stabilizatör olarak kullanım için krem renkli bir toz olarak üretilmektedir. Sıcak veya soğuk suda hemen çözünebilir, donma-çözülme stabilitesi yüksektir, düşük oranlarda bile oldukça yüksek vizkozite sağlayabilir ve şeker oranı yüksek gıdalarda da kullanılabilir. Bunun yanında dondurma şartlarında, yüksek asidik ve alkalik ortamlarda jelleşme özelliğini koruyabilmektedir. Gösterdiği bu üstün stabilite nedeniyle önemli fonksiyonlara sahiptir. Gıdalarda stabilizör olarak kullanımının yanında emülgatör, koyulaştırıcı, süspansiyon oluşturuu, tekstür

geliştirici veya köpük arttırıcı olarak da kullanılmaktadır (Çakmakçı, 2010; Yılmaz, 2002).

Emülgatörler de stabilizatörler gibi çok düşük oranlarda (<%1, a/a) kullanılmaktadırlar. Endüstriyel dondurma üretiminde emülgatör olarak lesitin, yağ asitlerinin mono ve digliseritleri, polisorbat 80 gibi hammaddeler tercih edilmektedir. Monogliseritler genellikle, bitkisel veya hayvansal kaynaklı trigliseridlerin gliserol ile reaksiyonuyla elde edilmektedirler. Gıda endüstrisinde kullanılan monogliserit çeşitlerine örnek olarak gliserol monostearat (GMS), gliserol monoleat (GMO) verilebilir (Goff ve Hartel, 2013). Gliserol monostearat ($C_{21}H_{42}O_4$), beyaz renkli kokusuz, tatlı ve higroskopik özellikte bir organik moleküldür. Monogliserid ve uzun zincirli stearik asidin karışımı olan bir ester türevidir. Gıda sanayinde emülsifiye edici, topaklanma önleyici ve kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Özellikle dondurmada buz kristallerinin önlenmesi, pürüzsüz ve erime esnasında kaygan bir yapı oluşması amacıyla kullanılır. Dondurmada emülsiyon yapısının kararlılığını sağlar, güçlü termal stabilitesi sayesinde donma sonrasında ve erime esnasında da homojen yapının kararlılığını sağlar. Dondurma karışımlarına %0,3 - 0,4 gibi oranlarda ısıtma işlemi öncesinde ilave edilmektedir (Anonim, 2023a; Ewen ve ark., 2016; Han ve Wang, 2016; Zhang ve Goff, 2005).

Dondurmaların viskozite, tekstür, hacim artışı, erime süresi, yağ destabilizasyonu, camsı geçiş ve erime sıcaklığı gibi fiziksel ve termal bazı teknolojik özellikleri gıda endüstrisinde ürün kalitesi açısından önem arz etmektedir. Bu özellikleri etkileyen etmenler temel olarak kuru madde, süt yağı, stabilizatör ve emülgatör gibi dondurma bileşenleri ve ısıtma işlemi, olgunlaşma, miksi dondurmaya işleme gibi işlem basamaklarıdır. Dondurmada ürün kalitesi açısından bu özellikler birarada değerlendirilmektedir (Goff ve Hartel, 2013; Üçüncü, 2021).

Viskozite, doğrudan bileşimin kuru madde içeriğinden etkilenen bir özelliktir. Bunun yanında çeşitli kuru madde kaynaklarının, örneğin süt yağının artışı da viskoziteyi artırmaktadır (Kesenkaş ve ark., 2013). Olgunlaşma süresi boyunca viskozitede de artış görülür, miks viskozitesinde asitlik artışıyla viskozitede de artış görülür (Goff ve Hartel, 2013). Dondurma miksinin, eş zamanlı olarak karıştırma ve soğutma yapılarak dondurmaya işlenebilmesi ve miksin bu işlem esnasında hava tutabilmesi için belirli bir viskoziteye sahip olması gereklidir (Karaman, 2011). Duyusal kalite açısından da genel olarak ve belirli bir değere kadar viskozitenin yüksek olması istenmektedir.

Bunun yanında endüstriyel olarak sürekli sistemlerde işlenebilirlik açısından miks viskozitesinin fazla yüksek olması da istenmemektedir. Üretim sırasında karışımların transferi sırasında akış hızı, basınç ve hızdaki tutarsızlık, son ürünün tadı, görsel beğenisi ve kremi hissinin tehlikeye atan çok büyük buz kristallerinin oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle miks viskozitesinin olabilecek en yüksek değerinin işleneceği sisteme uygun olacak şekilde sınırlandırılması gerekmektedir. 20 yıl kadar önce dondurma mikslerinin daha düşük viskozitelere sahip oldukları, yıllar geçtikçe ise miksleri daha viskoz hâle getiren tat ve aroma bileşeni gibi bileşenler sebebiyle miks viskozitelerinin arttığı bildirilmektedir. Günümüzde yükselen miks viskozitelerini sürekli sistemlerde endüstriyel olarak işleyebilmek makine teknolojisinin de gelişimiyle daha yüksek kapasiteli pompaların üretilmesi sayesinde gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2016; Goff ve Hartel, 2013; Sen ve ark., 2018).

Tekstür, viskozite ile de ilişkili olduğu için temelde kuru madde içeriği ve olgunlaşma süresinden etkilenen diğer bir özelliktir. Viskoziteyi etkileyen her bir unsur genel olarak tekstürü de etkilemektedir. Dondurma miksini viskozitesi arttıkça bu miksten elde edilen dondurmanın sertliği artmaktadır. Dondurma miksinde daha çok viskoziteden bahsedilirken, donmuş hâldeki ürün için tekstürel özellikler önem kazanır (Abdul Razak ve ark., 2019; Goff ve Hartel, 2013).

Hacim artışı, miks içeriğindeki hammaddeler ve dondurma makinesinin özelliğine bağlı olarak dondurmaya işlenmesi sırasında içinde havayı hapsedebilmesi sayesinde gerçekleşir. Dondurmanın yumuşak bir özellik kazanarak kolay yenilebilmesi için içindeki hava miktarının belirli bir oranda olması istenmektedir (Kulaksız, 2015). Dondurmadaki hacim artışının besin değerini düşürme, ürüne yumuşaklık kazandırma ve tüketim esnasında güçlü bir soğuk hissinin önlenmesi olarak üç önemi işlevi vardır (Belitz ve ark., 2009). Dondurmanın içine giren hava rengi açar ve seyreltir. Stabilizatör çeşidi ve miktarı sebebiyle viskozite arttığında dondurmanın dövülme/çırpma hızı azalır. Stabilizatörlerin yüksek su bağlama kapasitesi sebebiyle işlenme sırasında mikse daha az miktarda hava girişi olur, bu nedenden dolayı da daha düşük hacim artışı görülür. Bu anlamda sertlik hacim artışı ile ters orantılı olmaktadır. Hacim artışı dondurmanın yumuşaklığını artırmaktadır (Kurultay ve ark., 2010).

Erime süresi, dondurmada duyu kaliteyi etkileyen önemli bir özelliktir. Erimenin ne çok yavaş ne de çok hızlı olması istenir. Dondurmanın erime hızı üzerinde etkili çeşitli faktörler vardır. Erime ortamında ısının dondurmanın içerisine yayılma yeteneği

ile erime hızı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Yavaş eriyen dondurmalar genellikle yüksek miktarda hava ve yağ içeren dondurmalarlardır. Dondurmada hacim artışının ve dolayısıyla havanın fazla olması ısı transferini yavaşlatarak erime hızını düşürebilmektedir. Yağ da hava gibi dondurmada ısı transfer hızını yavaşlatmaktadır. Bu nedenle, süt yağı miktarı arttıkça erime hızı azalmaktadır. Dondurmada şeker ilavesiyle erime noktası düştüğü için daha hızlı erime gözlenir. Düşük şeker oranı dondurmanın erimesini geciktirir, düşük yağ oranı ise erimeyi hızlandırır. Aynı formülasyonda şeker ve yağ oranının birlikte düşürülmesi ile erime hızını etkilemeden kalori değerini azaltmak mümkün olabilmektedir (Akbari ve ark., 2016; Bayrakçı, 2018; Goff ve Hartel, 2013; Kesenkaş ve ark., 2013; Türkmen, 2019).

Yağ destabilizasyonu, miksten dondurmaya geçişte bileşimde yer alan yağın bir kısmını yapısal bütünlük sağlayan üç boyutlu bir kümelenmiş yağ yapısına dönüşerek destabilize olmasıdır. Doğrudan erime özelliğini etkileyen bir husus olarak ele alınmaktadır. Yağın ısı iletimi düşük olduğu için ortam sıcaklıklarında gerçekleşen erime esnasında ısı yalıtımı sağlar. Yağ miktarı ve yağ destabilizasyonu arttıkça erime hızı yavaşlar. Düzgün bir erime özelliği sağlamak için yağ destabilizasyonunun düşük olmaması istenir. Çok yüksek oranda olması ise donma sırasında görünür yağ granüllerinin oluşmasına ve erime esnasında bu yağ globüllerinin erimemesine neden olabilir. Sürekli sistemle üretilen dondurmalarda kesikli sistemle üretilen dondurmalarla göre daha fazla yağ destabilizasyonu görülür (Bolliger ve ark., 2000a; Goff ve Hartel, 2013; Zulim Botega ve ark., 2013).

Erime sıcaklığı ürünün ortam şartlarında erime süresini etkilemekte, dondurmanın erime noktasının düşük olması hızlı erimesine sebep olmaktadır. Camsı geçiş sıcaklığı ise dondurmanın depolanması sırasında stabilitesinin sağlanması açısından önemlidir. Depolama sıcaklığı camsı geçiş sıcaklığına ne kadar yakın olursa dondurmada raf ömrü boyunca buz kristallerinin kararlılığı o kadar yüksek olmaktadır (Deosarkar ve ark., 2016; Hagiwara ve Hartel, 1996; Muse ve Hartel, 2004; Goff ve Hartel, 2013; Türkmen, 2019).

Dondurma, miksinin de içeriğine bağlı olarak süte göre yaklaşık 3-4 kat fazla süt yağı ve %12-16 oranında daha fazla protein içermektedir. Diğer süt ürünleriyle karşılaştırıldığında yasal sınırlar içerisinde reçetesi ve dolayısıyla besin içeriği üzerinde kolayca değişiklik yapılabilir, yağ ve şekeri azaltılabilir, diyabetliler için özel reçeteler hazırlanabilir, probiyotik kültür vb. biyoaktif bileşen ilavesiyle fonksiyonel

özellikleri zenginleştirilebilir (Durlu Özkaya, 2015). Dondurma, tadı ve tekstürüyle sevilen bir gıda olması sebebiyle probiyotik bakterilerin tüketilmesine aracılık edebilecek uygun bir gıdadır. Süt proteinleri, yağ ve laktoz içeriği ile dondurma, probiyotik bakterilerin uzun depolama süreleri boyunca canlı kalabilecekleri bir ortam oluşturmaktadır (Açu, 2014). Dondurmanın besin değeri ve enerji içeriği, bileşiminde yer alan ürünlerin miktarlarına bağlıdır. Kuru madde içeriğinin yüksek olması ile süttten daha fazla karbonhidrat, yağ ve protein içeriğine sahiptir (Çam, 2020; Deosarkar ve ark., 2016). Zengin besin değerine sahip bu ürüne meyve, probiyotikler ve prebiyotikler gibi bileşenlerin eklenmesiyle besin içeriği daha da geliştirilmiş dondurma çeşitleri üretilebilmektedir (Çam, 2020; Öztürk ve ark., 2018). Dondurma, süt proteinleri, yağ ve laktoz gibi bileşenlere sahip olması ve zengin içeriği sebebiyle probiyotik kültürler açısından iyi bir taşıyıcı olarak görülmektedir (Cruz ve ark., 2009; Çam, 2020). Probiyotik bakterilerin dondurmada kullanılmasının avantajları çeşitli kaynaklarda vurgulanmaktadır. Dondurma, diğer fermente süt ürünlerine göre raf ömrü boyunca probiyotik canlılığının korunmasını daha fazla desteklemektedir (Çam, 2020; Mohammadi ve ark., 2011). Ayrıca dondurmanın diğer fermente süt ürünlerine göre daha yüksek pH değerlerine sahip olması raf ömür boyunca kullanılan bakterilerin daha yüksek oranda hayatta kalmasını sağlar. Ayrıca asidik tadı baskın olmayan düşük asitli ürünleri tercih eden tüketiciler açısından istenilen duyuşal beğenişi yakalayabilmektedir. Dondurmanın pH değeri genel olarak pH 5,5-6,5 arasındadır (Cruz ve ark., 2009; Çam, 2020). Probiyotik dondurma üretiminde tüm işlem aşamalarının canlılığı en yüksek oranda korumaya yönelik olarak optimize edilmelidir. Canlılığın yanında dikkate alınması gereken diğer hususlar ürünün genel kalitesinin etkilenmemesi, özellikle erime oranı ve duyuşal kalite gibi özellikler geleneksel dondurmaya kıyasla aynı veya daha iyi olmalıdır (Cruz ve ark., 2009; Çam, 2020).

1.7. Yoğurt Dondurması ve Probiyotik Dondurma

Genel olarak kültür içeren dondurmalarından, sadece yoğurt bakterilerini içerenler “yoğurt dondurması” veya “dondurulmuş yoğurt”, sadece probiyotik kültür içerenler “probiyotik dondurma”, hem probiyotik kültür hem de yoğurt bakterilerini içerenler ise “probiyotik yoğurt dondurması” olarak adlandırılmaktadır (Ahmad, 2019; Akalın ve ark., 2018; Alibekiroğlu, 2014; Sezer ve ark., 2023). Bu tür kültür içeren dondurmalar, süt, krema, yağsız süt tozu ile şeker, stabilizatör, emülgatör, aroma

bileşenleri gibi dondurma bileşenleri ve kültürlerin kullanımıyla farklı yöntemlerle hazırlanabilmektedir. Genel olarak kullanılan yöntemler miks fermentasyonu, fermente süt ilavesiyle ya da kültürlerin doğrudan ilavesiyle üretilir. Miks fermentasyonu ile üretimde, dondurma miksi hazırlandıktan ve pastörize edildikten sonra uygun sıcaklığa soğutularak kültür ilave edilir ve belirli bir süre inkübasyona bırakılır. Sonrasında miks buzdolabına alınarak olgunlaştırmaya bırakılır, sonrasında dondurma üretilir. Fermente süt ilavesinde ise dondurmaya ilave edilecek sütün bir kısmı ayrılarak miks hazırlanır, ayrılan süt mikse ilave edilmeden önce kültürlerle fermente edilir, sonrasında mikse olgunlaşma öncesinde ya da sonrasında ilave edilerek dondurma üretilir. Kültürlerin fermentasyon yapılmaksızın doğrudan ilavesinde ise, dondurma miksi dondurma hâline getirilmeden önce kültür ilavesi yapılarak işleme alınır ve dondurma üretilir. Temel üretim yöntemleri bu şekilde üçe ayrılmakla birlikte bu yöntemler de kendi içinde farklı tekniklerle uygulanabilmektedir. Örneğin miks fermentasyonu ile üretimde miks hazırlandıktan sonra tamamı yerine bir kısmı fermente edilerek sonrasında miksin diğer kısmıyla karıştırılabilmektedir (Ahmad, 2019; Hekmat ve McMahon, 1992; Pandiyan ve ark., 2012a; Sezer, 2015; Turgut ve Cakmakçı, 2009).

Dondurma zengin içeriğinde yer alan laktoz, kazein ve peynir altı suyu proteinleri ve yağdan dolayı ve dondurulmuş bir ürün olması nedeniyle yoğurt bakterileri ve probiyotik kültürler için iyi bir taşıyıcı olmaktadır (Akça, 2019). Ayrıca dondurma ve benzeri dondurulmuş ürünlerin düşük depolama sıcaklığı probiyotiklerin canlılığını uzun süreli korumaya elverişli olabilir. Bu sayede tüketim esnasında yüksek oranda canlılık sağlanabilir (Cruz ve ark., 2009; Çam, 2020). Kültür canlılığının korunması açısından bu avantajların yanında yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmalar, fermente süt ürünlerine göre daha düşük asitliğe sahip olmaları (5,5-6,5) nedeniyle hem canlı kültür sayısı açısından hem de asidik tadı tercih etmeyen tüketici grupları için duyuusal beğeni açısından avantajlıdır (Akça, 2019).

Dondurulmuş yoğurt ilk olarak 1970'lerde İngiltere'de gündeme gelmiş ve bir süre sonra dünya çapına yayılmıştır (Ahmad, 2019). İlk probiyotik dondurma üretimlerinden biri ise 1992 yılında Hekmat ve McMahon tarafından yapılan literatür çalışmasına dayanmaktadır. Araştırmacılar dondurma miksine %4 oranında *L. acidophilus* ve *B. bifidum* kültürleri ilave ederek 42 °C'de pH 4,9'a erişinceye kadar 5 saat boyunca fermentasyon işlemi uygulamışlardır. Fermentasyon süresi sonunda

öncelikle 5 °C'ye soğutulan mikslere %10 oranında (a/a) çilek aroması ilave edilerek dondurma üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen dondurmalar -29 °C'de sertleştirilmiş ve 17 hafta boyunca depolanmıştır. Başlangıçta 5×10^8 kob/mL olan bakteri sayısının dondurma işlemiyle 1 log'luk azalmaya uğradığını bildirmişlerdir. Depolamanın ilk gününde 10^8 düzeyinde olan bakteri sayılarının 17 hafta sonunda 10^6 (*L. acidophilus*) ve 10^7 (*B. bifidum*) düzeylerine düştüğünü gözlemlemişlerdir. Farklı pH seviyelerine sahip (5,0, 5,5, 6,0) dondurmalar arasında duyusal açıdan en beğenilen dondurmanın 5,5 pH'ya sahip olduğunu belirtmişlerdir (Hekmat ve McMahon, 1992). İlerleyen yıllarda yapılmış çalışmalarda *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait türler gıdalarda probiyotik olarak en çok kullanılan bakterilerden olmuştur (Başyiğit ve ark., 2005; Fang ve ark., 2000).

Probiyotik içeren çok geniş yelpazede ürünler bulunmasına karşın, ürünlere ilavesi ve canlılığın yüksek oranlarda korunması hâlen geliştirilmeye ve üzerinde çalışılmaya devam eden bir konudur (Zendeboodi ve ark., 2020). Süt ürünlerinde düşük pH ve oksidatif stres nedeniyle işleme, taşıma ve depolama sırasında probiyotiklerin canlılığı azalmaktadır. Bunun yanında birçok bakteri türü, donma sırasında bakteri hücrelerinin içinde ve dışında buz kristallerinin oluşması nedeniyle canlılığını kaybeder, hücre duvarları ve zarları zarar görür (Ahmad, 2019; Gill, 2012). Bu nedenle kültür içeren dondurmalarda, canlı bakteri sayısındaki en fazla azalma miksten dondurma üretimi sırasında gerçekleşmektedir. Bunun yanında depolama periyodu boyunca bakteri sayısındaki azalma devam etmektedir (Hagen ve Narvhus, 1999; Haynes ve Playne, 2002; Salem ve ark., 2005). Probiyotik bakterilerin düşük canlılığı, daha sonra, arzu edilen sağlık yararlarını sağlama yeteneğini etkiler. Bu anlamda dondurma üretimi sırasında uygulanan dondurma işlemleri kritiktir. Dondurmanın üretim aşamaları kültürlerin canlılığını bozabilir. Değerlendirilmesi gereken en önemli adımlar hacim artışı, dondurma işlemi ve sonrasındaki dondurulmuş depolamadır. Bu nedenle, bu aşamaların etkilerini dikkatlice incelemek gerekir (Balthazar ve ark., 2018; Gao ve ark., 2021; Pimentel ve ark., 2022). Birçok probiyotik türünün düşük canlılığı, süt ürününün işlenmesi ve saklanması sırasında yüksek asit seviyelerine ve oksidatif strese maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Dondurulmuş gıda ürünlerinde probiyotik bakterilerin hayatta kalma oranlarının ve canlılığının, bu ürünler donma-çözülme gibi tekrarlanan sıcaklık dalgalanmalarına maruz kaldığında azaldığı bulunmuştur (Ahmad, 2019; Jay ve ark., 2005). Dondurma ürünlerinin ambalajlanmasında daha çok

plastik ve karton ambalajlar kullanılmakla birlikte; probiyotik dondurmalarda ambalaj oksijen geçirgenliği önem arz etmektedir. Depolama boyunca probiyotik hücrelerin canlı kalabilirliğini artırmak adına ambalaj oksijen geçirgenliğinin olabildiğince en düşük seviyede olması istenmektedir (Acar, 2019; Champagne ve ark., 2005).

Salem ve ark. (2005) tarafından dondurma karışımına probiyotik katkılı süt ilave edilmesi ile üretilen dondurmalarda 12 haftalık depolama süresi boyunca kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikler izlenmiştir. Probiyotik bakteri sayısındaki azalmanın en fazla miksten dondurmanın üretildiği aşama olduğunu, sonrasındaki depolama periyodu boyunca azalmanın devam ettiğini bildirmişlerdir. Elde ettikleri ürünün probiyotik dondurma olarak geliştirilmeye uygun olduğunu vurgulamışlardır. Başyigit ve ark. (2005) ise 13 adet laktik asit bakterisini bir arada kullanarak probiyotik dondurma üretmişlerdir. Elde ettikleri probiyotik dondurma ile kültür içermeyen kontrol dondurmasını kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler bakımından karşılaştırmışlardır. Kuru madde, yağ, yağsız kuru madde, pH ve asitlik değerleri açısından her iki dondurma için elde edilen sonuçlarda istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır. Başlangıçta tespit ettikleri $4,3 \times 10^7$ kob/g düzeyindeki laktik asit bakteri sayısının $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 aylık depolama sonunda $3,7 \times 10^7$ kob/g'a düştüğünü bildirmişlerdir.

Bir çalışmada süt oranının %10'u (a/a), toplam dondurma miksinin ise yaklaşık %5'i (a/a) oranında fermente süt (%4 *L. acidophilus* ve %4 *B. bifidum*) ilavesiyle hazırlanan probiyotik dondurma örneklerinde depolama boyunca 1, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. günlerde *L. acidophilus* ve *B. bifidum* sayımları yapılmıştır. Depolama süresi sonunda probiyotik bakteri sayılarının depolama boyunca düşüş gösterdiği; yine de 90 günün sonunda bütün dondurma çeşitlerinde probiyotik özelliklerinin korudukları görülmüştür (Turgut ve Cakmakçı, 2009). Başka bir çalışmada ise dondurma miksine %3 (a/a) oranında probiyotik kültür (*L. acidophilus* ve *B. bifidum*) ilavesiyle probiyotik yoğurt dondurması hazırlanan bir çalışmada, depolamanın 1. gününde 10^5 kob/g olarak tespit edilen probiyotik bakteri sayısının $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 30 günlük depolama periyodu sonunda 10^3 kob/g düzeyine düştüğü gözlemlenmiştir. Probiyotik özellikle bir dondurma elde edilebilmesi için kültürün %3'ten daha yüksek oranda ilave edilmesi önerilmiştir (Bakır, 2015). Bu çalışmalar ışığında probiyotik dondurma üretiminde başlangıç probiyotik yükün 10^6 kob/g'ın altına düşmeyecek şekilde formülasyonlar oluşturulmasına dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Ferraz ve ark. (2012) çalışmalarında probiyotik dondurma üretiminde kullanılan *L. acidophilus*'un canlı kalabilirliğinin hacim artışı oranlarından etkilendiğini bildirmişlerdir. Hacim artışı değerlerinin yükselmesi ile birlikte depolama boyunca probiyotik bakterilerin dondurma içerisindeki canlı kalabilirliği düşmüştür. Bunun yanında *L. acidophilus* ilavesinin ve hacim artışı oranlarının ürün kabul edilebilirliği üzerinde bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiş; tüketici açısından probiyotik dondurmaların iyi bir kabul edilebilirlik düzeyine sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanında probiyotik bakterilerin canlılığını daha yüksek oranda koruyabilmek adına hacim artışı oranlarının düşürülmesi gerektiği tavsiyesinde bulunmuşlardır.

Probiyotik dondurma üretiminde kullanılan kültürlerin ve ilave oranlarının duyu kalite üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Aynı üretim yöntemini ve miks bileşimi kullanarak fonksiyonel dondurma üretimi yapılan üç farklı çalışmada, dondurma mikslerine birbirlerinden farklı olarak yoğurt kültürü (*L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*), probiyotik kültür (*L. acidophilus* ve *B. bifidum*) ya da kefir ilave edilmesi ve sonrasında mikslerin diğer yarlarıyla birleştirilerek olgunlaştırılması ile dondurmalar üretilmiştir. 30 günlük depolama süresi boyunca tat değerlendirmesinde üç çeşit dondurma da kabul edilebilirlik limitinin (5 üzerinden 3) üzerinde olmasına rağmen en yüksek puanları genel olarak probiyotik dondurma almıştır. Depolamanın 30. gününde probiyotik, kefir ve yoğurt dondurmaları tat değerlendirmesi açısından 5 üzerinden sırasıyla 4,62, 4,25 ve 3,25 puanlar almışlardır (Bakır, 2015; Köroğlu, 2015; Sezer, 2015).

Probiyotik dondurma ile ilgili çalışmaların bazılarında farklı bileşenlerin canlı hücre sayısını nasıl etkileyebileceği izlenmiştir. Şeker yerine farklı oranlarda stevia özü ilave edilen probiyotik dondurmalarda 90 günlük depolama süresince *L. acidophilus* sayısını 5,14-7,15 log kob/g ve *B. bifidum* sayısını 4,93-7,26 log kob/g arasında olduğu belirlenmiştir. Şeker yerine stevia özü ilavesiyle probiyotik sayısında kayda değer bir değişikliğin görüldüğü bildirilmiştir. Bunun yanında stevia özü ilavesiyle viskozite değerinin düştüğü ve erime süresinin arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlardan çıkarımla dondurma üretiminde şeker yerine %50'ye kadar stevia özünün kullanılabileceği önerilmiştir (Kuşçu, 2015). Şimşek (2016) yaptığı *Bifidobacterium bifidum* ve Gobdin ilaveli probiyotik dondurmalarda kontrol örneğinde 6.48 pH, *B. bifidum* ve %10 Gobdin ilaveli örnekte ise 6.33 pH elde etmiştir. Probiyotik ilavesiyle pH düşmüştür.

Probiyotik dondurmalarda canlı hücre sayısının korunması veya artırılması amacıyla en çok kullanılan bileşenlerden biri diyet liflerdir. Probiyotiklerin ve prebiyotik diyet liflerin dondurmada elverişli bir şekilde kullanılabileceği literatür çalışmalarınca desteklenmiştir (Buriti ve ark., 2016; Çam, 2020). Diyet liflerin probiyotik dondurmalara ilavesi probiyotik kültürler üzerinde genellikle olumlu bir etkiye neden olmaktadır. Örneğin; Akın ve ark. (2007) inülin eklenmiş probiyotik dondurmalarda inülin eklenmemiş olanlara göre probiyotik bakteri canlı kalma oranının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumu oligofruktozun prebiyotik etkisi nedeniyle olabileceği şeklinde yorumlamışlardır. Di Criscio ve ark. (2010) tarafından probiyotik dondurmalarda inülinin toplam laktik asit bakteri (*L. casei* ve *L. rhamnosus*) sayısını artırdığı bildirilmiştir.

Dondurmanın reolojik ve termal özellikleri üzerine buğday, yulaf ve elma diyet liflerinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada suda çözünmeyen bir lif olan buğday lifinin viskozite ve kayma incelmesini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Bunun yanında suda çözünebilir lifler olan yulaf ve elma liflerinin artışının örneklerin reolojisini değiştirmede ancak donma noktasının düşüşünü sınırladığı görülmüştür. Çalışmanın sonuçları dondurmada diyet liflerinin kristalizasyonu kontrol edici olarak kullanılabileceğini göstermiştir. İnülinin dondurmanın camsı geçiş sıcaklığında dikkate değer bir artışa sebep olduğu ve bu durumun sulu fazdan buz kristallerinin yüzeyine su molekülü hareketliliğinin azaldığını gösterdiği bildirilmiştir (Soukoulis ve ark., 2009).

İnülinli probiyotik dondurmalarda probiyotik bakterilerin (*L. acidophilus* ve *B. lactis*) canlı kalabilirlik oranının inülinsiz dondurmalara göre daha yüksek olduğuna işaret edilmekte ve inülinin, duyuşal özellikleri değiştirmeden viskozite, ilk damlama ve tamamen erime sürelerini iyileştirdiği bildirilmektedir (Akın ve ark., 2007). Buna karşılık, Hashemi ve ark. (2013), probiyotik dondurmalarda inülinin *L. acidophilus* sayısı üzerinde 90 günlük depolama boyunca herhangi bir koruyucu etkisinin olmadığını açıklamışlardır. Akalın ve ark. (2018), buğday lifinin (%2) dondurma örneklerinde *B. lactis* sayısını artırdığını belirtmiştir.

Ayar ve ark. (2018), meyve (üzüm, kayısı, elma) ve tahıl (pirinç, mısır, ayçiçeği, arpa) yan ürünleri kullanılarak probiyotik dondurmalar üretmiştir. Probiyotik kültür olarak *Lactobacillus acidophilus* (ATCC 4357D-5) ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactic* (ATCC 27536) kültürleri kullanmış; 60 günlük depolama süresi boyunca bu

bakterilerin gelişimlerini izlemişlerdir. Diyet lif açısından zengin olan bu yan ürünlerin probiyotik dondurmadaki bakterilerin canlılığına olumlu etkide bulunduğuna dikkat çekmişlerdir. Tüm dondurma örnekleri tat, tekstür, görünüş, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik gibi duyuşal parametrelerde 9 puan üzerinden en az 5 puan almışlardır. Genel kabul edilebilirlik açısından en az 8 puan alan örnekler %2 ve %4 inülin ilaveli vanilya aromalı dondurmalar; %0,5 pirinç çeltiğı ilaveli kakao ve çilek aromalı dondurmalar ve %2 mısır diyet lifi ilaveli vanilyalı dondurma olmuştur. Lif içeriğı zengin bu yan ürünlerin, dondurmanın mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmaksızın dondurmada kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Villalva ve ark. (2017), *B. lactis* BB-12 ve inülin ilavesiyle kalorisi azaltılmış şeftalili dondurma üretmişlerdir. Dondurmalar, uygun duyuşal özelliklerinin yanında probiyotik sayısının raf ömrü boyunca önemli derecede azalmadığını, önerilen minimum 10^6 kob/mL sınırının üzerinde kaldığını aktarmışlardır.

Golestani ve Pourahmad (2017), probiyotik (*B. lactis* ve *L. acidophilus*) ve prebiyotik (inülin) kullanarak simbiyotik dondurmalar hazırlamışlardır. Dondurmaların probiyotik ilavesini üç farklı şekilde yapmışlardır: Probiyotiklerin mikse doğrudan ilavesi, probiyotik ilavesi ile miks fermentasyonu ve mikse fermente süt ilavesi olmak üzere dondurma miksine üç farklı şekilde probiyotik ilavesi yapmışlardır. Fermente süt ilave edilmiş miks en yüksek hacim artışını göstermiştir. Doğrudan probiyotik ilave edilmiş örnek, fermente edilmiş örneğe göre daha düşük asitliğe sahip olmuştur. Fermente süt ilavesinin dondurmadaki probiyotik sayısını artırabileceğı, dondurmanın 1. gününde 6,94 log kob/ml'ye ulaşabileceğı ve 4 aylık depolamanın sonunda 6,851 log kob/mL kadar probiyotik bulunabileceğı vurgulanmıştır. Bunun yanında fermente süt ilavesiyle üretilen örneğin duyuşal kalitesi yüksek bulunmuştur.

Spor oluşturan probiyotiklerin dondurmalar, kullanımları ile ilgili sınırlı literatür bilgisi bulunmaktadır (Campbell, 2015; Conceição ve ark., 2020; Hashemi ve ark., 2013; Hashemi ve ark., 2015). Amerika Birleşik Devletleri'nde ticari olarak satışta olan *W. coagulans*'la üretilen probiyotik dondurma çeşitleri mevcuttur. Bu dondurma çeşitlerinde *B. coagulans* (*W. coagulans*) GBI-30, 6086 olarak bilinen suş kullanılmaktadır (Anonim, 2023b).

Amerika Birleşik Devletleri Mississippi eyaletinde, çeşitli markalara ait ve farklı aromalara sahip dondurmalarda mikrobiyel popülasyonun incelendiği bir tez çalışmasında, 8 markaya ait dondurmalarından 4 markanın ürünlerinde *S. clausii* bakterisine rastlanmıştır. Bu dondurmalarda *S. clausii* sayısının toplam mikrobiyel popülasyona oranı, en az %19, en fazla %84 olarak tespit edilmiştir. Dondurmalarda *S. clausii* gibi zararsız sporlu probiyotiklerin de bulunabileceği vurgulanmıştır (Campbell, 2015). Bu çalışma probiyotik dondurma üretimi hakkında olmasa da *S. clausii*'nin probiyotik dondurma üretiminde kullanılabileceği hakkında yorum yapılabilecek bir literatür çalışması olarak düşünülebilir.

Conceição ve ark. (2020) tarafından *S. clausii* ile dondurma üretiminin denendiği bir çalışmada mikse olgunlaştırma aşamasında aktif kültür ilavesi yapılarak buzdolabı şartlarında olgunlaştırma (<5 °C) yapılmıştır. Sonrasında dondurmalar üretilerek -18 °C'de depolama yapılmıştır. Depolama boyunca 1. günde 5×10^8 kob/g (8,69 log kob/g) olan *S. clausii* sayısı 60. güne kadar aynı sayıyı korumuş, 150. günde ise $1,0 \times 10^8$ kob/g (8,00 log kob/g)'a düşmüştür.

W. coagulans'ın *Bacillaceae* ve *Lactobacillaceae* familyalarının özelliklerini bir arada taşıdığı ve laktik asit üretebildiği bilinmektedir (Juturu ve Wu, 2018; Li ve ark., 2018). *W. coagulans*'ın dondurma üretiminde kullanıldığı çalışmalar sınırlıdır. *L. acidophilus* ve *W. coagulans* kültürlerinin dondurma ortamında canlı kalabilirliğinin incelendiği bir çalışmada, probiyotik dondurmalarda inülinin 90 günlük depolama boyunca probiyotik bakteriler üzerinde koruyucu bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunun yanında depolama boyunca her iki bakterinin sayıca minimum limit olan 6 log kob/g'ın üzerinde kaldığı, dondurma işlemi ve depolama aşamalarında en yüksek canlı kalabilirliği ise *W. coagulans*'ın gösterdiği bildirilmiştir (Hashemi ve ark., 2013).

1.8. Çalışmanın Amaçları

Bu çalışmada hem fermente sütte hem de fermente süttten elde edilen dondurmalarda diyet lifinin yoğurt bakterileri ve probiyotik kültürler üzerindeki etkileri, dondurmanın duyuşsal, fiziksel, kimyasal ve termal özellikleri dâhil olmak üzere incelenmesi ve bunun yanında son yıllarda gündeme gelen sporlu probiyotiklerin dondurma üretiminde kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, yoğurt bakterisi ve probiyotik bakterilerle (*L. rhamnosus*, *S. clausii* ve *W. coagulans*) fermente edilmiş sütlerde ve bu sütlerden elde edilen dondurmalarda diyet liflerinin (buğday lifi ve inülin) canlı

hücre ve spor sayıları, duyuşal, fiziksel, kimyasal ve termal özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmanın temel amaçları:

- Elde edilen fermente sütlerde ve sonrasında bu fermente sütlerin ilave edildiği miks ve dondurmalarda depolama boyunca probiyotiklerin canlılığını incelemek.
- Buğday lifi ve inülinin dondurma örneklerinde mikrobiyolojik, duyuşal, fiziksel ve kimyasal özellikler üzerindeki etkisini incelemek.
- Uygun bir üretim yöntemi ve diyet liflerin ilavesiyle dondurmada yoğurt bakterileri ve probiyotiklerin hayatta kalma oranını arttırmak.
- Sporlu probiyotikler olan *S. clausii* ve *W. coagulans* bakterilerinin probiyotik dondurma üretimindeki potansiyelini ortaya koymak; yoğurt bakterileri ve probiyotik bir laktik asit bakterisi olan *L. rhamnosus* bakterisiyle ürün kalitesi açısından benzer ve farklı özelliklerini ortaya koymak.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Kültür olarak yoğurt bakterileri *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (Y401, Maysa) ve probiyotik bakteriler *Lactobacillus rhamnosus* LGG ATCC 53103 (Chr Hansen), *Bacillus clausii* (*Shouchella clausii*) MTCC 5472 (UBBC-07, Enterolife, Orzax İlaç ve Kimya Sanayi Tic. A.Ş., Şişli, İstanbul, Türkiye) ve *Bacillus coagulans* (*Weizmannia coagulans*) MTCC 5856 (SBC37-01, LactoSpore®, Sabinsa Corporation, East Windsor, New Jersey, ABD) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kültürlerle ait taksonomik bilgiler Tablo 2.1’de yer almaktadır (Anonim, 2023c,d,e,f,g). Diyet lif olarak inülin (Fibrelle, Çekmeköy, İstanbul, Türkiye), ve buğday lifi (Jelucel Wheat Fiber 90, Jelu-Werk, Rosenberg, Germany) kullanılmıştır. Dondurma mikslerinin hazırlanmasında temel hammaddeler olarak UHT süt (%3,3 yağlı, Torku), yağsız süt tozu (Bağdat Baharat), krema (%35 yağlı, İçim), kristalize toz şeker (şeker pancarından, Nehir), stabilizatör karışımı (%50 karboksimetil selüloz, %25 guar gam ve %25 ksantan gam, Smart Kimya, Tito BUZ 200), ve emülgatör (%90’lık gliserol monostearat, Hangzhou Fuchun Food Additive Co. Ltd.) kullanılmıştır. Dondurmaların ambalajlanmasında 20 ve 50 ml’lik kapaklı polietilen tereftalat (PET) kaplar (Özge Ambalaj, Arnavutköy, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır.

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan kültürlerin taksonomik adlandırmaları

Taksonomik seviye	<i>L. bulgaricus</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>S. clausii</i>	<i>W. coagulans</i>
Üst âlem	Bakteri	Bakteri	Bakteri	Bakteri	Bakteri
Şube	Firmicutes	Firmicutes	Firmicutes	Firmicutes	Firmicutes
Sınıf	Bacilli	Bacilli	Bacilli	Bacilli	Bacilli
Takım	Lactobacillales	Lactobacillales	Lactobacillales	Bacillales	Bacillales
Familya	Lactobacillaceae	Streptococcaceae	Lactobacillaceae	Bacillaceae	Bacillaceae
Cins	<i>Lactobacillus</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>Lactocaseibacillus</i>	<i>Shouchella</i>	<i>Weizmannia</i>
Tür	<i>L. delbrueckii</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>S. clausii</i>	<i>W. coagulans</i>
Alt tür	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>			
Adlandırma	Orla-Jensen 1919; Weiss ve ark., 1983	Orla-Jensen 1919; Farrow ve Collins, 1984	Collins ve ark., 1989; Zheng ve ark., 2020	Nielsen ve ark., 1995; Joshi ve ark., 2021	Hammer, 1915; Gupta ve ark., 2020

2.2. Üretim Yöntemi

Reçetelerde tek çeşit kültür ve diyet lif kullanılarak dondurma örnekleri üretilmiştir. Bunun yanında kültür içeren diyet lifsiz ve her iki bileşeni de içermeyen örnekler de üretilmiştir. Dondurmaların üretiminde belirlenen reçete %30 ve %70 olarak iki kısma ayrılmış ve bu iki kısım ayrı ayrı hazırlanarak dondurma işlemi öncesinde birleştirilmiştir. %30'luk kısım (Miks 1) süt, diyet lif ve kültürlerden; %70'lik kısım (Miks 2) ise süt, krema, süt tozu, şeker, stabilizatör ve emülgatörden oluşmuştur. Bu iki kısmın birleşmesiyle %100 miks (Nihai miks) hazırlanmıştır.

2.2.1. Fermente süt örneklerinin hazırlanışı

Öncelikle kullanılacak kültürler %10 (a/h) kuru madde içeren yağsız süt içerisinde aktifleştirilmiştir. Bunun için yoğurt kültürü (*L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*), *L. rhamnosus*, *S. clausii* ve *W. coagulans* ticari kültürleri yağsız süt içerisine 10^7 - 10^8 kob/mL sayılarını sağlayacak şekilde ilave edilmiştir. Elde edilen ana kültürden %5 (a/a) oranında üretimde kullanılacak UHT süte inoküle edilerek ara kültür hazırlanmıştır. Fermente sütler ara kültürlerin %5 (a/a) oranında kullanılmasıyla hazırlanmıştır. Ana kültür ve ara kültürün inkübasyonları yoğurt kültürleri için 43 ± 2 °C 'de, *L. rhamnosus*, *S. clausii* ve *W. coagulans* kültürleri için ise 37 ± 2 °C'de pH 4,7'ye ulaşana kadar yapılmıştır.

Fermente sütlerin hazırlanmasında, her bir kültür için, diyet lif içermeyen ve %5 (a/a) diyet lifi (buğday lifi ya da inülin) içeren sütler hazırlanmıştır. Çökmesini önlemek için buğday lifi ile hazırlanan süte öncesinde bakteri üremesini etkilemediği belirlenen %0,1 (a/a) oranında stabilizatör ilave edilmiştir. Hazırlanan süt örnekleri 75 ± 2 °C'de 30 dakika pastörize edilmiştir. Pastörizasyon sonrasında fermente sütler 16-18 saat kadar buzdolabında dinlendirilmiştir. Sonrasında bu sütlere %5 (a/a) oranında ara kültürlerden inokülasyon yapılmıştır. Kontrol örneği kültür ilavesiz ve diyet lifsiz olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan sütlerin inkübasyonu yoğurt kültürleri için 43 ± 2 °C'de 3-3,5 saat; *L. rhamnosus*, *S. clausii* ve *W. coagulans* kültürleri için ise 37 ± 2 °C'de 4,5-5,0 saat boyunca yapılmıştır. Inkübasyon pH değerleri 4,7'ye ulaşınca kadar sürdürülmüştür. Inkübasyon bitiminde pH ölçümü ve mikrobiyolojik analiz yapılmış, örnekler buzdolabına alınarak dondurma üretimine kadar 2-3 saat buzdolabında dinlendirilmiştir.

2.2.2. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinin hazırlanışı

Fermente sütler hazırlanırken eş zamanlı olarak miksler de hazırlanmıştır. Reçetede yer alan sıvı bileşenler (süt ve krema) ile katı bileşenler (süt tozu, şeker, stabilizatör ve emülgatör) ayrı olarak tartılmıştır. Öncelikle sıvı bileşenler karıştırılarak 45-50 °C'ye kadar ön ısıtılmıştır. Ardından katı bileşenler 45-50 °C'ye gelen karışıma ilave edilerek bir blender yardımıyla yaklaşık 2 dakika boyunca iyi bir çözünme sağlanana kadar karıştırılmıştır. Sonrasında miks 75±2 °C'de 30 dakika süreyle pastörize edilmiştir. Süre sonunda 4±2 °C'ye soğutulan miks bu sıcaklıkta 24 saat boyunca olgunlaştırmaya bırakılmıştır. Numuneler dondurma makinesine alınmadan önce fermente sütler (%30, a/a) ve miksler (%70, a/a) bir karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmıştır (Şekil 2.1). Hazırlanan karışım dondurma makinesine (Delonghi, ICK 5000) alınarak yaklaşık 25-30 dakika boyunca miks sıcaklığı -6±1 °C'e ininceye kadar işlenmiştir. Sıcaklık kontrolünden hemen sonra numuneler paketlenerek -25 °C'de sertleştirme ve depolama yapılmıştır. Üretimler üç tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Termal analizler üretimi takiben, duyu analizler ise üretimlerin 1. haftasında yapılmıştır. -25 °C'de depolama boyunca 1., 30., 60. ve 90. günlerde ise mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal özellikler incelenmiştir. Enerji değerleri ise miks reçetelerinden hesaplanmıştır. Nihai miks reçeteleri Tablo 2.2'de, üretim planı ve üretilen örnekler ise Tablo 2.3 ve Şekil 2.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.2. Dondurma örneklerinin nihai miks reçeteleri

Bileşen	Kontrol örneği	Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örnekleri		
		Lif ilavesiz	Buğday lifli	İnülinli
Süt	65,40	63,90	62,37	62,40
Kültür	-	1,50	1,50	1,50
Diyet lif	-	-	1,50	1,50
Krema	10,00	10,00	10,00	10,00
Süt tozu	11,00	11,00	11,00	11,00
Şeker	13,00	13,00	13,00	13,00
Stabilizatör	0,30	0,30	0,33	0,30
Emülgatör	0,30	0,30	0,30	0,30
TOPLAM	100,00	100,00	100,00	100,00

Tablo 2.3. Üretilen dondurmaların örnek planı

Örnek Kodu	Probiyotik kültür	Diyet lif
K	-	-
Y	<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i>	-
Yb	<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i>	Buğday lifi (%1,5, a/a)
Yi	<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i>	İnülin (%1,5, a/a)
Lr	<i>L. rhamnosus</i>	-
Lrb	<i>L. rhamnosus</i>	Buğday lifi (%1,5, a/a)
Lri	<i>L. rhamnosus</i>	İnülin (%1,5, a/a)
Sc	<i>S. clausii</i>	-
Scb	<i>S. clausii</i>	Buğday lifi (%1,5, a/a)
Sci	<i>S. clausii</i>	İnülin (%1,5, a/a)
Wc	<i>W. coagulans</i>	-
Wcb	<i>W. coagulans</i>	Buğday lifi (%1,5, a/a)
Wci	<i>W. coagulans</i>	İnülin (%1,5, a/a)



Şekil 2.1. Dondurma örneklerinin üretim şeması

2.3. Analiz Yöntemleri

2.3.1. Mikrobiyolojik kalite analizi

Dondurma örneklerinin hijyenik kalitesini belirlemek amacıyla koliform, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya-küf sayımları yapılmıştır. Koliform sayımı violet red bile agar (VRBA) kullanılarak dökme yöntemine göre yapılmış, 37 °C’de 24-48 saat inkübasyon sonucunda Petri kabında gelişen 1-2 mm çaplı koyu kırmızı koloniler koliform olarak sayılmıştır. TMAB sayımı plate count agar (PCA) kullanılarak yayma kültür yöntemine göre yapılmış, 28-30 °C’de 48 saat inkübasyon sonucunda gelişen tüm koloniler sayılmıştır. Maya-küf sayımı ise oxytetracyclin glucose yeast extract Agar (OGYEA) besiyeri kullanılarak yayma kültür yöntemiyle yapılmış, 25-25 °C’de 4-5 günde gelişen bütün koloniler toplam maya-küf olarak sayılmıştır (Halkman, 2005).

2.3.2. Canlı bakteri ve spor sayımları

Canlı bakteri sayımları için sonuçlar log cfu/g olarak ifade edilmiş ve canlı kalabilirlik yüzdesi aşağıdaki denklem 2.1’e göre hesaplanmıştır:

$$\text{Canlı kalabilirlik (\%)} = \left(\frac{\log kob/g \text{ (son)}}{\log kob/g \text{ (ilk)}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

2.3.2.1. *L. bulgaricus* ve *L. rhamnosus* sayımları

L. bulgaricus ve *L. rhamnosus* sayımlarında uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak yayma plak yöntemine göre MRS (de Man Rogosa Sharpe) agara ekim yapılmış, petriker 37 °C’de anaerobik koşullarda 48-72 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır (Alander ve ark., 1997; International Organization for Standardization [ISO], 2003).

2.3.2.2. *S. thermophilus* sayımı

S. thermophilus sayımında uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak yayma plak yöntemine göre M17 agar kullanılarak ekim yapılan petriker 37 °C’de aerobik koşullarda 48-72 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır (ISO, 2003; Kaya, 2015).

2.3.2.3. *S. clausii* ve *W. coagulans* sayımları

S. clausii ve *W. coagulans* sayımlarında ise ekimler uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak yayma plak yöntemine göre Tryptic Soy Agar (TSA) kullanılarak yapılmıştır. Ekimler yapıldıktan hemen sonra ilgili dilüsyonlara 80 °C’de 10 dakikalık ısı işlem uygulanmış, sonrasında tekrar TSA’ya ekim yapılmıştır. Bu ısı işlem vejetatif

formların inhibisyonu sağlanarak spor formda olan bakterilerin tespit edilebilmesi amaçlanmıştır. Ekim yapılan petrilerin inkübasyonu *S. clausii* için 28-30 °C’de, *W. coagulans* için ise 35-37 °C’de 24 saat olarak yapılmıştır (Gorsuch ve ark., 2020; Rochín-Medina ve ark., 2018).

2.3.3. Duyusal analizler

Duyusal analizlerde öncesinde temel tat ve farklı tatlara ait eşik belirleme testleri yapılarak duyusal eğitim verilmiş 9 kişilik panelist grubuyla çalışılmıştır. Panelist grubu Sakarya Üniversitesi akademisyen ve öğrencilerinden oluşmuştur. Örnekler üç haneli rastgele rakamlardan oluşan sayılarla kodlanmış, panelistlere örneklerin farklı düzende sıralandığı duyusal analiz formlarından verilmiştir. Duyusal analiz formu iki bölümden ve toplam 9 parametreden oluşmuştur. Dondurma örnekleri su ve diyet bisküvi ile servis edilmiştir. Kullanılan formların bir örneği Ek 1’de verilmiştir. İlk bölümde kaşıktaki uzama, buzlu yapı, tatlılık derecesi, ekşilik derecesi ve ağızda erime süresi bakımından değerlendirme yapılmış, bu özellikler açısından 6-9 puan arasındaki değerler ortalamanın üstü, 5 puan ortalama ve 1-4 puan arasındaki değerler ise ortalamanın altını ifade etmiş, 0 puan ise bahsedilen özelliğin olmadığı anlamına gelmiştir. İkinci bölümde ise renk ve görünüş, yapı ve kıvam, tat ve koku ile genel beğeni özellikleri değerlendirilmiş; bu özellikler açısından 9 puan “mükemmel”, 5 puan “ortalama”, 1 puan ise “çok kötü” olarak tanımlanmıştır.

2.3.4. Fiziksel analizler

2.3.4.1. Viskozite tayini

Viskozite ölçümü Fungilab Alpha H (İspanya) marka model viskozimetre kullanılarak 8 ± 2 °C’deki dondurma mikslерinde yapılmıştır. 150 mL mikse viskozimetrenin R2 nolu başlığı yiv kısmı tamamen içine girecek şekilde daldırılarak, 60 rpm hızında döndürülmüştür. Başlık ve hız seçimleri tork değerlerinin %10-90 aralığında olacağı şekilde seçilmiştir. Ölçüm başladıktan 10 saniye sonrasında cihaz ekranında görülen poise (P) değeri okunmuştur (Kutlu, 2018; Uysal İlter, 2019).

2.3.4.2. Hacim artışının (%) hesaplanması

Hacim artışı belirli bir miktardaki dondurmanın kütesinin erimeden önce ve eridikten sonra ölçülmesi ile aşağıda verilen Denklem 2.2’ye göre hesaplanmıştır (Ferraz ve ark., 2012; Ayar ve ark., 2018):

$$Hacim\ artışı = \frac{Miks\ kütlesi - Dondurma\ kütlesi}{Dondurmanın\ kütlesi} \times 100 \quad (2.2)$$

2.3.4.3. Erime testi

Erime testi için 20 g örnek 3x3 mm² gözenek alanına sahip tel kafes üzerinde 20±2 °C’de erimeye bırakılmıştır. Erime süreci boyunca ilk damlanın düştüğü ve tamamen erimenin gerçekleştiği süreler kaydedilmiştir (Altun, 2012; Yavaş Sarıoğlu, 2015).

2.3.4.4. Renk analizleri

Dondurma örneklerinin renk değerleri CIE L*a*b* ölçeğinde çalışan renk tayin cihazı ile (Lovibond RT 300 tintometre, İngiltere) ölçülmüştür. Öncelikle cihaz, standart beyaz ve siyah kalibrasyon plakaları ile kalibre edilmiş, ardından örnekler eritilerek (5±2 °C) cihazın sıvı küvetine konularak ölçümler yapılmıştır. Diğer parametreler; Ölçüm modu: SCE, Gözlem açısı:10, Örnek kalınlığı: 1 cm ve ışık kaynağı: D65. Ölçülen L*, a* ve b* değerleri kaydedilmiş ve bu değerler kullanılarak beyazlık indeksi (WI), sarılık indeksi (YI) ve renk değişimi (ΔE) değerleri sırasıyla Denklem 2.3, 2.4 ve 2.5’e göre hesaplanmıştır. Renk değişimi değerleri için mikslardaki ölçümler baz alınarak depolama boyunca analiz günlerinde renk değişimleri hesaplanmıştır (Balthazar ve ark., 2015; Okurkan, 2018; Uysal İlter, 2019; Teichert ve ark., 2020):

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2.3)$$

$$YI = (142,86 b)/L \quad (2.4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_{miks})^2 + (a^* - a^*_{miks})^2 + (b^* - b^*_{miks})^2} \quad (2.5)$$

2.3.4.5. Tekstürel analizler

Tekstürel analizlerde Brookfield CT3-4500 tekstür analiz cihazı kullanılmış, -25 °C’de muhafaza edilen dondurma örneklerinin sıcaklığı -10±2 °C ve 5±2 °C’ye getirilerek sıkıştırma testleri yapılmıştır. Dondurma örneklerinde -10±2 °C’ya yapılan ölçümlerde 2 mm silindirik prop (TA39) kullanılarak 2 mm/s test öncesi, test ve dönüş hızı; 10 mm mesafe; 5 s tutma süresi; 4,5 g tetik yükü parametreleri ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Lim ve ark., 2008; Ilansuriyan and Shanmugam, 2018). Eritilmiş dondurma

örneklerinde 5 ± 2 °C’de yapılan ölçümlerde ise 38,1 mm silindirik prop (TA4/1000) kullanılarak 2 mm/s test öncesi, test ve dönüş hızı; 15 mm mesafe; 0 s tutma süresi, 0,3 g tetik yükü parametreleri ile ölçümler alınmıştır (Kulaksız, 2015; Uysal İlter, 2019). Ölçümlerde elde edilen sonuçlar TexturePro CT V1.4 Build 17 yazılımı ile değerlendirilerek sertlik (N), yapışkanlık kuvveti (N) ve yapışkanlık (mJ) değerleri elde edilmiştir.

2.3.4.6. Yağ destabilizasyon oranı (%) tayini

Dondurma miksinde ve dondurma üretimini takiben 1. günlerde ölçüm yapılmıştır. Dondurma örneği 1:500 (v/v) oranında saf su ile seyreltilmiş, 5 dakika boyunca 1000 rpm’de santrifüjlenmiştir. 10 dakika sonra 540 nm’de absorbans ölçümü yapılmıştır. Kör örnek olarak seyreltmede kullanılan saf suyun absorbansı ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının hesaplaması aşağıdaki denklem 2.6’ya göre yapılmıştır (Rossa ve ark., 2012):

$$\text{Yağ destabilizasyon oranı (\%)} = \frac{A_{miks} - A_{dondurma}}{A_{miks}} \times 100 \quad (2.6)$$

2.3.5. Kimyasal analizler

2.3.5.1. pH ve % asitlik tayini

Örnekler oda sıcaklığına (20 ± 2 °C) getirilerek kalibre bir dijital pH metre (Hanna Instruments, pH 211, Weilheim, Germany) ile pH ölçümleri yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992). Titrasyon asitliği tayini (AOAC 947.05-1947) için bir behere homojen hale getirilmiş dondurma örneğinden 9 g tartılmış ve üzerine 9 g (mL) saf su ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Daha sonra üç damla %1’lik fenolftalein çözeltisinden ilave edilip 0,1 N’lik NaOH ile sabit pembelik oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Sarfiyattan yola çıkılarak dondurma örneklerinde titrasyon asitliği değerleri % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (Association of Official Analytical [AOAC], 2019; Gürsel ve Karacabey, 1998).

2.3.5.2. Kuru madde tayini

Dondurma örneklerinin kuru madde tayini gravitmerik yöntemle yapılmıştır (AOAC 941.08-1941). Öncesinde sabit tartıma getirilmiş olan petrilere örneklerden 2 g kadar tartılmış, petrilere ağızları açık olacak şekilde etüve yerleştirilerek 100 ± 2 °C’de sabit tartıma gelinceye kadar 4-5 saat kadar bekletilmiştir. Elde edilen son tartım (g), petri

darası (g) ve örnek miktarı (g) değerleri kullanılarak % kuru madde hesaplanmıştır (AOAC, 2019; Gürsel ve Karacabey 1998).

2.3.5.3. Protein tayini

Protein tayini Behr distillation unit (S4) ile kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC 930.33-1930). Bu amaçla homojen hale getirilen dondurma numunesinden protein tüplerine 1 g tartılarak üzerine sırasıyla 1,84 özgül ağırlığa %93-98'lik orana sahip H₂SO₄'ten 10 ml, karışık katalizör içeren (2 g K₂SO₄ + 0,2 g Cu₂SO₄) Kjeldahl tabletinden de 1 adet ilave edilerek hafifçe karıştırılmış ve yakma düzeneğine yerleştirilmiştir. 400 °C'ye kadar her 100 °C'lik artışlarda 30 dakika tutularak, bu sıcaklığa ulaşıldıktan sonra ise tüp içerikleri yeşil renk olduktan sonra 30 dakika daha yakma işlemine devam edilerek yakma düzeneği kapatılmış ve tüpler kendi halinde soğumaya bırakılmıştır. Yakma işleminden sonra tüplere 75 mL saf su ilave edilip destilasyon cihazının sol kısmına yerleştirilmiştir. Sağ taraftaki destilat toplama kısmına ise içerisinde 20 mL %4'lük Borik asit (ya da 50 mL %2'lik H₂BO₃) ve 1-2 damla karışık indikatör (1:1 oranında brom krezol green ve metil kırmızısı %1'lik) bulunan 300 ml'lik bir erlene konulmuştur. Sol kısımdaki tüplere en son 50 mL-75 mL %40'lık NaOH ilave edilip destilasyon yapılmıştır. Destilasyon işlemi bittikten sonra destilat, 0,1 N HCl ile erlen içeriği destilasyondan önceki rengini alana kadar titre edilmiştir. Aynı işlemler için bir de kör numune hazırlanarak yapılmış ve bu değer örneğe harcanan değerden çıkarılmıştır. Titrasyon işleminden sonra sarfiyata göre numunedeki azot miktarı Denklem 2.7'ye göre hesaplanarak azot miktarı bulunmuştur. Bulunan azot oranından Denklem 2.8 yardımıyla protein miktarı belirlenmiştir (Altun, 2012; AOAC, 2019).

$$\% \text{ Toplam azot} = \frac{\text{Harcanan HCl miktarı (ml)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 0,0014 \times 100 \quad (2.7)$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Toplam azot} \times 6,38 \quad (2.8)$$

2.3.5.4. Yağ tayini

Yağ tayininde Gerber yöntemi kullanılmıştır (AOAC 2000.18-2004). Süt bütirometresine 1,82 g/cm³ özgül ağırlığına sahip H₂SO₄'ten 10 mL, öncesinde hazırlanmış 1 kısım dondurma 2 kısım su karışımından 11 mL ve amil alkolden 1 mL aktarılmıştır. Daha sonra bütirometre en az 10 kez alt-üst edilerek içindekilerin

tamamen karışması sağlanmıştır. Bütirometreler karşılıklı olarak Gerber santrifüjine yerleştirilmiş ve 10 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Örneklerin yağ içeriği göstergeden % olarak okunmuş ve okunan değerin 3 ile çarpılması ile % yağ değerleri bulunmuştur (AOAC, 2019; Gürsel ve Karacabey 1998).

2.3.6. Termal analizler

Dondurma örneklerinde erimenin başladığı ve bittiği sıcaklıklar belirlenerek donma ve erime davranışlarını incelemek üzere Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Analizi Kavaz Yuksel'in (2015) yöntemi üzerinde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 15 mg dondurma bir alüminyum DSC tavaında tartılmış ve daha sonra 25 °C'de DSC cihazına (Seiko DSC 7020, Hitachi High-Tech Co., Tokyo, Japonya) yüklenmiştir. Referans olarak boş bir alüminyum kap (pan) kullanılmış ve parametreler şu şekilde ayarlanmıştır: (1) 10 °C /dk'da 25 °C'den -80 °C'ye soğutma; (2) -80 °C'de 30 dakika tavlama; (3) 10 °C/dk'da -80 °C'den 25 °C 'ye ısıtma, (4) 25 °C'de 1 dakika bekletme ve sonlandırma. Erime (T_m), kristalleşme (T_c) ve camsı geçiş sıcaklıkları (T_g) elde edilen spektrumdan belirlenmiştir (Kavaz Yuksel, 2015).

2.3.7. Kalori değerinin hesaplanması

Dondurmaların kalorileri, içerik miktarlarından yağ içeriği 9 kcal/g, karbonhidrat içeriği 4 kcal/g ve protein içeriği 4 kcal/g ile çarpılarak hesaplanmıştır (Goff ve Hartel, 2013).

2.3.8. İstatistiksel analizler

Üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemede dondurma örneklerinin duysal, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizlerinde her tekerrür için iki ölçüm, termal analizlerde ise her tekerrür için tek ölçüm yapılmıştır. Ana kültür ve ara kültürlerin bakteri sayıları arasındaki fark olup olmadığı t-testi ile belirlenmiştir. Diğer sonuçlara ait ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığını ortaya saptamak amacıyla 0,05 anlamlılık düzeyinde varyans analizi yapılmıştır. Varyansları homojen olan mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve termal analiz sonuçlarına ait ortalamalar arasında fark olup olmadığını belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Varyansları homojen olmayan duysal analiz sonuçları ise Kruskal-Wallis H testi ile değerlendirilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Mann-Whitney

U testi ile belirlenmiştir (Alibekiroğlu, 2014; Soysal, 2012). Tüm istatistiksel analizler SPSS 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.





3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Mikrobiyolojik Kalite

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğine (Tarih: 29.12.2011/Sayı: 28157) göre dondurmalarda ancak 5 numunenin 2'sinde 10^1 - 10^2 kob/g-mL aralığında *Enterobacteriaceae* bulunmasına izin verilmektedir (TGK, 2011). Depolamanın ilk gününde tüm dondurmalarda *Enterobacteriaceae*, koliform, toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf sayıları tespit edilebilir sınırın (<1 log kob/g) altında bulunmuştur. Sonuçlar, dondurma numunelerinde kontaminasyon olmadığını göstermiştir. Dondurma her ne kadar gerek işlenme koşulları gerekse de depolama sıcaklıkları bakımından mikrobiyal açıdan risksiz bir gıda olarak görülse de ambalajlama, depolama ve tüketime sunulma aşamalarında *Enterobacteriaceae* spp. gibi bakteriler tarafından kontamine olabilmektedir. Dondurma miksinin hazırlanmasında çiğ süt kullanıldığında bu risk artmaktadır (Abdünnur, 2016). Çalışmada mikslerin hazırlanmasında ısıtma işlemi görmüş süt kullanıldığı ve kesikli sistemden kaynaklanabilecek risklerin önlenmesi adına pastörizasyon süresinin uzun tutulması ile bu riskin bertaraf edildiği düşünülmektedir.

3.2. Canlı Bakteri Sayımı

3.2.1. Ana kültür ve ara kültür örnekleri

Fermente sütlerin hazırlanmasında kullanılan *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* ve *L. rhamnosus*, *S. clausii*, *W. coagulans* ana ve ara kültürlerinin canlı bakteri sayıları 8,44–8,94 log kob/mL aralığındadır (Tablo 3.1 ve Şekil 3.1). Ana kültür ve ara kültürler arasında *L. rhamnosus* kültürü için bir düşüş görülmekle birlikte diğer kültürlerin sayılarında bir değişim olmadığı saptanmıştır. Ana ve ara kültürlerde canlı bakteri sayısının 8-9 log kob/mL aralığında olduğu bulunmuştur.

Bir çalışmada üretilen yoğurtlarda *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* sayıları 10^6 - 10^8 kob/g değişim göstermekle birlikte *S. thermophilus* sayısının *L. bulgaricus* sayısına göre biraz daha fazla olduğu görülmüştür (Elmas, 2022). Başka bir çalışmada ise *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*'un başlangıç oranı 1:1 alınarak üretilen yoğurtlarda

inkübasyon sonunda *S. thermophilus* sayısının *L. bulgaricus* sayısından biraz daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Fırat, 2019). Yoğurt bakterileri inoküle edilen sütte öncelikle *S. thermophilus* bakterisinin faaliyete geçtiği, daha sonrasında ortamda oksijenin azalmasıyla birlikte *L. bulgaricus*'un faaliyete geçtiği ve ürettiği bazı metabolitlerin *S. thermophilus* tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Bu sebeple bazı kaynaklarda bu kültürlerin 1:1 oranında yoğurda ilavesi önerilirken bazı kaynaklarda ise yoğurt inkübasyonunun daha hızlı tamamlanabilmesi için *S. thermophilus* sayısının biraz daha fazla olması önerilmektedir (Bamforth, 2005). Bununla birlikte yoğurt çeşidine ve kullanım amacına göre istenen aroma ve asit seviyesi ile tekstür gelişimi için *S. thermophilus* / *L. bulgaricus* oranı ayarlanabilir. *S. thermophilus* oranı fazla olursa daha yumuşak yoğurt elde edilebilir. Fazla *L. bulgaricus* gelişimi ise yoğurdun ekşiliğini artırır (Chandan ve ark., 2013).

L. rhamnosus ana kültüre göre ara kültürde sayıca bir miktar düşüşe uğramıştır, yine de tekli kültürle fermantasyonda iyi bir performans gösterdiği söylenebilir. *L. acidophilus* kültürünün tek başına kullanımıyla asidofiluslu süt üretilmektedir. *L. rhamnosus* için bu şekilde bir fermente süt üretim yaygın değildir, literatürde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Elde edilen sonuçlardan bu bakterinin de *L. acidophilus*'a benzer şekilde fermente süt üretiminde kullanılabileceği fikri desteklenmiştir (Jeffrey ve ark., 2020; Surono ve Hosono, 2011; Yao ve ark., 2014; Znamirowska ve ark., 2021).

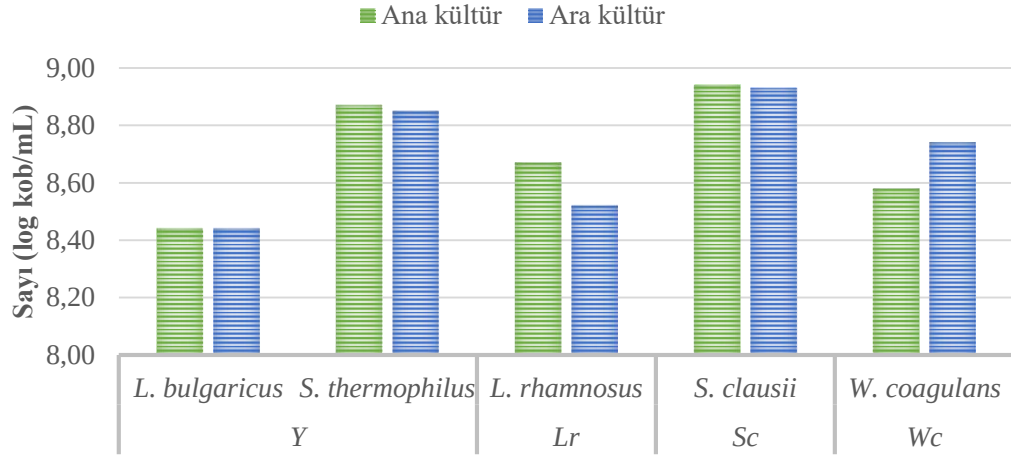
S. clausii ve *W. coagulans*'ın süt fermantasyonuyla ilgili de sınırlı literatür bilgisiyle karşılaşmıştır. Bu tür sporlu bakterilerin gıdalarda kullanımı giderek yaygınlaşmakla birlikte bunların bir kısmında gıdada fermentasyon gerçekleştirilmeksizin spor ilavesi yapılmıştır (Konuray ve Erginkaya, 2018, 2020). Rochín-Medina ve ark. (2018), peynir altı suyuna *W. coagulans* ilave ederek fermentasyon gerçekleştirmişler ve bu yöntemin fermente süt ürünleri üretiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu bakterilerin β -galaktozidaz aktivitesine sahip olmaları nedeniyle sütteki laktozu laktik aside çevirebileceği bilinmektedir. Sütün fermente edilerek pH'nın 4,6-4,7 civarlarına düşürülmesi ise yüksek oranda β -galaktozidaz enzimi ve bazı diğer enzimlerin faaliyet göstermesine bağlı olabilmektedir. Bazı bakterilerin ise β -galaktozidaz enzim aktiviteleri tek başına sütü fermente etmek için yeterli olmamaktadır. Azot ihtiyacını karşılamak üzere proteolitik enzim aktivitesine sahip olunması gerekmektedir.

Örneğin; *L. acidophilus* yüksek β -galaktozidaz aktivitesine rağmen sütte gelişimi zayıftır, bunun sebebi küçük peptit ve serbest amino asitlerin düşük konsantrasyonu sebebiyle bakteriyel gelişim için yetersiz gelmesidir (Chandan ve ark., 2013; Sahm ve ark., 2013). Yapılan bu çalışmada *S. clausii* ve *W. coagulans* kültürlerinin tekli kullanımlarıyla ana kültür ve ara kültür çoğaltma aşamalarında 8-9 log kob/mL sayılarına ulaşabildiği ortaya konulmuştur.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kültür örneklerinin bakteri sayıları

Örnekler	Bakteri	Ana kültür sayı (log kob/mL)	Ara kültür sayı (log kob/mL)
Y	<i>L. bulgaricus</i>	8,44±0,04 ^{Ca}	8,44±0,03 ^{Ca}
	<i>S. thermophilus</i>	8,87±0,09 ^{Aa}	8,85±0,02 ^{Aa}
Lr	<i>L. rhamnosus</i>	8,67±0,06 ^{Ba}	8,52±0,07 ^{Cb}
Sc	<i>S. clausii</i>	8,94±0,11 ^{Aa}	8,93±0,06 ^{Aa}
Wc	<i>W. coagulans</i>	8,58±0,09 ^{BCa}	8,74±0,08 ^{Ba}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05), aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ana ve ara kültür örneklerinin canlı bakteri sayıları

3.2.2. Fermente süt örnekleri

Ara kültürlerin inokülasyonu ile hazırlanmış olan fermente sütlerin içerdiği bakteri sayıları ise 8,34-8,97 log kob/g aralığında değişmiştir (Tablo 3.2 ve Şekil 3.2). Buğday lifi, fermente sütlerde *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* sayısı üzerinde artırıcı etki gösterirken, *S. clausii* sayısına daha az katkıda bulunmuştur. Bunun yanında *L. rhamnosus* ve *W. coagulans* sayılarının azalma eğilimi göstermesine neden olmuştur. İnülin ilavesiyle fermente sütte *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* sayıları artma eğilimi

göstermiş, *L. rhamnosus* ve *S. clausii* sayıları aynı kalmış ve *W. coagulans* sayıları ise düşüş göstermiştir.

Buğdayın ve buğday lifinin probiyotik sayıları üzerindeki olumlu etkisine işaret eden bazı çalışmalar bulunmaktadır. Buğday ekstraktının, *L. plantarum*, *L. acidophilus* ve *L. reuteri*'nin kültür ortamında asidik koşullar altında canlı bakteri sayısı üzerinde önemli bir koruyucu etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Charalampopoulos ve ark., 2003). Dondurmada ise buğday lifinin (%2) canlı *B. lactis* sayısını teşvik ettiği rapor edilmiştir (Akalın ve ark., 2018).

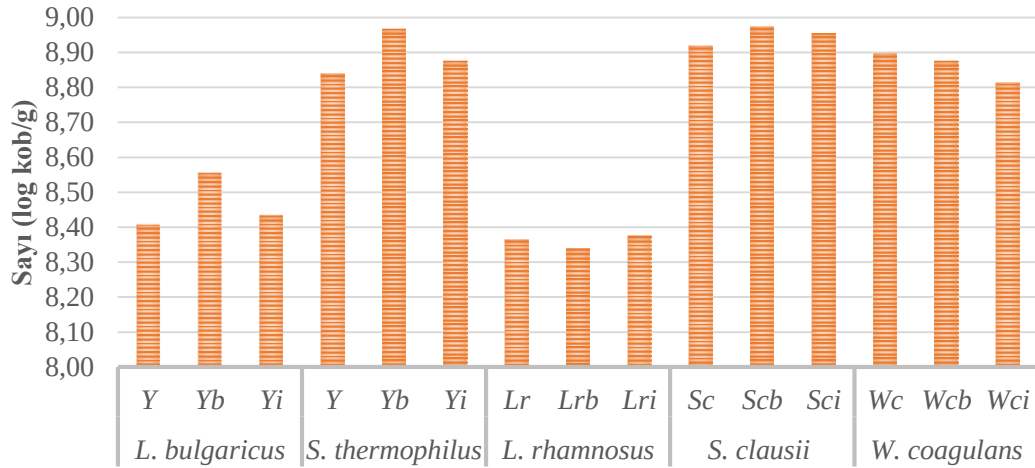
Özer ve ark. (2005), yaptıkları bir çalışmada inülinin (%0,5-%1,0) yoğurt bakterilerinin gelişimi üzerindeki etkisi olmadığını saptamıştır. Bunun yanında inülin kullanımı örneklerdeki *B. bifidum*'un gelişimini teşvik ederken, *L. acidophilus* gelişimi üzerinde etkili olmamıştır. Akalın ve Erişir (2008), inülinin *L. acidophilus* ve *B. animalis* BB-12 sayılarına etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Akın ve ark. (2007) %1-2 inülinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium lactis*'in dondurmalarda 90 gün canlılığı üzerindeki olumlu etkisinden bahsetmiştir. Yine aynı çalışmada inülinin saklama süresi boyunca *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* sayılarına etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Abhari ve ark. (2015), sinbiyotik olarak *W. coagulans* ve inülinle beslenmenin sıçan mikrobiyotası üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada, inülinin hem laktik asit bakterileri hem de *B.coagulans* sayılarının artışı bir miktar teşvik etse de önemli bir etki göstermediğini bildirmişlerdir.

Diyet liflerin yoğurt bakterileri ve probiyotik bakteriler gibi canlı bakteriler üzerinde sayıca artış sağlanması ve sayının korunması olmak üzere iki farklı etkisi bulunmaktadır. Buğday lifi, inülin vb. diyet lifleri bu iki etkiyi her zaman ve koşulda bir arada sağlamayabilmektedir. Bazı lifler canlı bakteri sayısını artırabilir ancak ürün bazında değişmekle birlikte depolama boyunca canlı hücre sayısının daha fazla düşmesine sebep olabilir, ya da bir diyet lif canlı hücre sayısını artırmadığı hâlde depolama boyunca bu sayının korunmasına katkı sağlayabilir (Akalın ve Erişir, 2008; Akalın ve ark., 2018; Akın ve ark., 2007; Di Criscio ve ark., 2010; Hashemi ve ark., 2013). Literatürde diyet liflerinin bakteri sayısı üzerindeki etkileri üzerine çok çeşitli ve yer yer çelişen sonuçlar elde edilmiştir. Bu bakımdan lif ve bakteri etkileşimlerini ürüne, işleme ve depolama yöntemine özgü olarak değerlendirmek daha doğru olabilir.

Tablo 3.2. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği bakteri sayıları

Örnekler	Bakteri	Sayı (log kob/g)
Y	<i>L. bulgaricus</i>	8,41±0,06 ^{FG}
Yb		8,56±0,05 ^E
Yi		8,43±0,05 ^F
Y	<i>S. thermophilus</i>	8,84±0,06 ^{CD}
Yb		8,97±0,06 ^A
Yi		8,88±0,06 ^{BCD}
Lr	<i>L. rhamnosus</i>	8,37±0,09 ^{FG}
Lrb		8,34±0,05 ^G
Lri		8,38±0,08 ^{FG}
Sc	<i>S. clausii</i>	8,92±0,04 ^{AB}
Scb		8,97±0,07 ^A
Sci		8,95±0,03 ^{AB}
Wc	<i>W. coagulans</i>	8,90±0,06 ^{ABC}
Wcb		8,88±0,05 ^{BCD}
Wci		8,81±0,08 ^D

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.2. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği bakteri sayıları

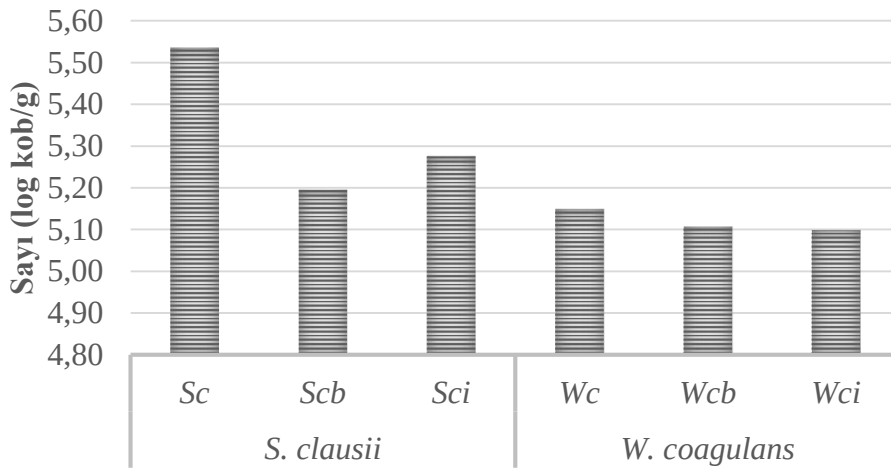
Spor oluşturan *S. clausii* ve *W. coagulans* probiyotik bakterilerinin fermente sütler içerisinde hem vejetatif hem de spor formlarının bir arada bulunduğu görülmüştür. Fermente sütlerdeki spor sayıları ise 5,10-5,54 log kob/g aralığındadır (Tablo 3.3 ve Şekil 3.3). Buğday lifi ve inülin ilavesinin fermente sütlerde *S. clausii* spor sayılarını düşürdüğü, *W. coagulans* spor sayıları üzerinde ise etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Bu durumda buğday lifi ve inülinin *S. clausii* açısından spor formdan vejetatif forma geçişi daha fazla yönlendirdiği şeklinde yorum yapılabilir.

Tablo 3.3. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği *S. clausii* ve *W. coagulans* spor sayıları

Örnekler	Bakteri sporları	Sayı (log kob/g)
Sc		5,54±0,13 ^A
Scb	<i>S. clausii</i>	5,20±0,10 ^{BC}
Sci		5,28±0,12 ^B
Wc		5,15±0,08 ^C
Wcb	<i>W. coagulans</i>	5,11±0,05 ^C
Wci		5,10±0,05 ^C

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.3. Dondurma üretiminde kullanılan fermente süt örneklerinin içerdiği *S. clausii* ve *W. coagulans* spor sayıları

3.2.3. Miks ve dondurma örnekleri

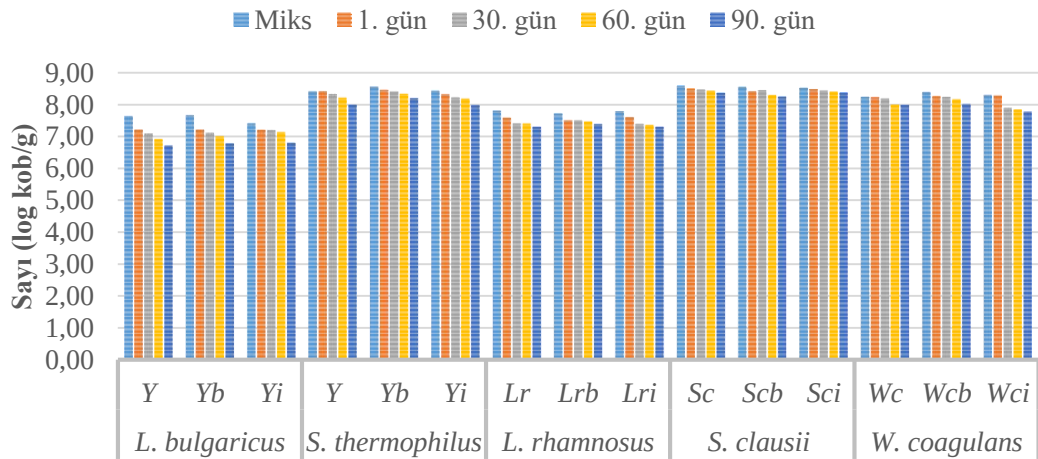
Dondurma örneklerinde miks aşamasından başlayarak 90 gün boyunca canlı hücre sayılarındaki değişimler Tablo 3.4 ve Şekil 3.4'te verilmiştir. Diyet lifi içermeyen dondurmalarda *S. thermophilus* ve *W. coagulans* canlı hücre sayıları, inülin içeren dondurmalarda ise *W. coagulans* sayıları mikslerin dondurmaya işlenmesi sırasında değişmezken, diğer tüm örneklerde bu işlem sırasında canlı hücre sayısında bir azalma gözlenmiştir. Miksten dondurmaya işlenme aşamasında dondurma işlemine en

dayanıklı kültürler *S. thermophilus*, *S. clausii* ve *W. coagulans* olurken, *L. bulgaricus* ve *L. rhamnosus* kültürlerinde daha fazla kayıp görülmüştür.

Tablo 3.4. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki yoğurt bakterisi ve probiyotik bakteri sayıları

Örnekler	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
<i>L. bulgaricus</i>					
Y	7,64±0,05 ^{Fa}	7,21±0,07 ^{Eb}	7,09±0,09 ^{Ic}	6,91±0,14 ^{Jd}	6,72±0,10 ^{Ge}
Yb	7,67±0,03 ^{Fa}	7,21±0,07 ^{Eb}	7,11±0,07 ^{Hlc}	7,00±0,08 ^{Jd}	6,78±0,11 ^{Ge}
Yi	7,41±0,05 ^{Ga}	7,20±0,09 ^{Eb}	7,19±0,06 ^{Hb}	7,13±0,08 ^{Ib}	6,80±0,11 ^{Gc}
<i>S. thermophilus</i>					
Y	8,41±0,05 ^{Ba}	8,42±0,11 ^{ABa}	8,33±0,11 ^{BCab}	8,20±0,13 ^{CDEb}	8,00±0,11 ^{Dc}
Yb	8,56±0,04 ^{Aa}	8,46±0,09 ^{Aab}	8,41±0,09 ^{ABbc}	8,32±0,07 ^{ABCc}	8,21±0,13 ^{Cd}
Yi	8,43±0,05 ^{Ba}	8,32±0,13 ^{BCab}	8,22±0,10 ^{Dbc}	8,17±0,12 ^{DEc}	7,98±0,10 ^{Dd}
<i>L. rhamnosus</i>					
Lr	7,81±0,08 ^{Da}	7,59±0,03 ^{Db}	7,40±0,06 ^{Gc}	7,40±0,09 ^{Hc}	7,31±0,09 ^{Fc}
Lrb	7,72±0,06 ^{EDa}	7,51±0,09 ^{Db}	7,51±0,08 ^{Fb}	7,46±0,07 ^{Hbc}	7,39±0,06 ^{Fc}
Lri	7,79±0,06 ^{DEa}	7,61±0,10 ^{Db}	7,39±0,04 ^{Gc}	7,34±0,10 ^{Hc}	7,30±0,09 ^{Fc}
<i>S. clausii</i>					
Sc	8,59±0,07 ^{Aa}	8,50±0,10 ^{Aab}	8,47±0,05 ^{Abc}	8,42±0,11 ^{Abc}	8,37±0,12 ^{ABC}
Scb	8,55±0,05 ^{Aa}	8,42±0,05 ^{ABb}	8,45±0,06 ^{Ab}	8,28±0,09 ^{BCDc}	8,25±0,06 ^{BCc}
Sci	8,52±0,06 ^{Aa}	8,48±0,10 ^{Aab}	8,44±0,08 ^{Aab}	8,39±0,09 ^{ABb}	8,38±0,07 ^{Ab}
<i>W. coagulans</i>					
Wc	8,24±0,07 ^{Ca}	8,23±0,12 ^{Ca}	8,19±0,07 ^{Da}	7,97±0,07 ^{Fb}	7,99±0,10 ^{Db}
Wcb	8,39±0,07 ^{Ba}	8,26±0,16 ^{Cab}	8,24±0,13 ^{CDb}	8,15±0,08 ^{Ebc}	8,02±0,14 ^{Dc}
Wci	8,30±0,07 ^{Ca}	8,28±0,16 ^{Ca}	7,90±0,08 ^{Eb}	7,82±0,13 ^{Gb}	7,78±0,11 ^{Eb}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.4. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki yoğurt bakterisi ve probiyotik bakteri sayıları

Dondurmalarda miksten sonraki aşamalarda canlılığın hangi oranda korunduğunu izlemek amacıyla hesaplanan canlı kalabilirlik yüzdeleri Tablo 3.5 ve Şekil 3.5'te

verilmiştir. Her bir örnek için miks aşamasındaki canlı bakteri sayısı %100 kabul edilmiştir. En fazla canlı bakteri kaybına uğrayan buğday lifli yoğurt dondurması örneğindeki *L. bulgaricus* kültürü miksten dondurmaya geçişte %94,05 canlı kalabilirlik göstermiştir.

Dondurma, probiyotik kültür kullanımı için uygun bir ürün olmasına rağmen, dondurma işleminin canlı bakteri sayısında 0,5-1 logaritmik birim kaybına neden olduğu belirtilmektedir. Karışımın dondurmaya işlenmesi sırasında canlı hücre sayısında azalmaya neden olan olası faktörler, donma nedeniyle bakteri hücrelerinin zarar görmesi, karıştırma sırasında mekanik stres ve mikse oksijenin girişidir (Akın ve ark., 2007; Balthazar ve ark., 2018; Davidson ve ark., 2000; Hagen ve Narvus 1999; Haynes ve Playne 2002). Yoğurt bakterilerinden *L. bulgaricus*'un *S. thermophilus*'a göre dondurma ve liyofilizasyon gibi işlemlere karşı direncinin daha az olduğu ve bu sebeple sayıca daha fazla düşüş görüldüğü bildirilmektedir (Kılıç, 1986). *S. thermophilus*'un *L. bulgaricus*'a göre soğuk koşullara karşı daha dirençli olmasının sebebi hücre zarının yağ asidi bileşimi ile ilgilidir (Béal ve ark. 2001). Sporlu bakterilerin zorlu koşullara karşı dayanıklılığı bilinmektedir (Halkman, 2005). Spor formlarının yanında vejetatif formlarının da dondurma işlemine dayanıklı olduğu anlaşılmıştır. *L. bulgaricus* ve *L. rhamnosus* özellikleri benzer bakteriler olmakla birlikte *L. rhamnosus*'un dondurma işlemine *L. bulgaricus*'a göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Canlı hücre sayısı, depolamanın 1-90 günü boyunca tüm örneklerde azalmış ve 90. günde canlı kalabilirliği en düşük olan kültür *L. bulgaricus* olmuştur.

Literatürde benzer sonuçlar yer almaktadır. Dondurma reçetelerine %1-2 inülin ilavesinin yoğurt bakterileri ile probiyotik bakteriler (*L. acidophilus* ve *B. lactis*) üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada inülin ilaveli dondurmelerde inülin ilavesiz olanlara göre 90 günlük depolama boyunca bakteri canlı kalma oranı daha yüksek olmuştur. Bu durumun inülinin prebiyotik etkisi nedeniyle olabileceği aktarılmıştır. Ayrıca depolama boyunca en kararlı kültürün *S. thermophilus* olduğu vurgulanmıştır. Yine bu çalışmada 90 günlük depolama boyunca *L. bulgaricus* sayısının azalması, *S. thermophilus*'un $>10^7$ log cfu/g sayıları ile canlılığını koruması rapor edilmiştir. İlk günde ortalama 8,5 log civarlarında olan *S. thermophilus* sayısı 90. günlerde 7,5-8,0 log aralığına düştüğü bildirilmiştir (Akın ve ark., 2007).

Çalışmamızda elde edilen *S. thermophilus* sayıları 90. günde 8 log kob/g civarlarında kalmıştır. Bunun yanı sıra *L. bulgaricus* sayıları Akın ve ark. (2007)'nin çalışmasına benzer şekilde düşüş göstermiştir.

Arslan ve ark. (2016), *L. acidophilus* kültürü kullanarak ürettikleri fermente süt ilaveli dondurma miksi 8,7 log kob/g *L. acidophilus* içerirken bu sayı dondurmanın 1. gününde 0,1 log kob/g azalarak 8,6 log kob/g'a düşmüş, -20 °C'de depolamanın 90. gününde ise 6,0 log kob/g'a kadar düşmüştür. Miks aşamasındaki bakteri sayısına göre 90. günde *L. acidophilus* canlı kalabilirliğinin %68,97 olduğu görülmektedir. Arslan ve ark. (2016) tarafından rapor edilen *L. acidophilus*'a göre çalışmamızda *L. bulgaricus* ve *L. rhamnosus*'un miks aşamasından dondurmanın 1. gününe kadar canlılığını daha fazla oranda kaybettikleri ancak -25 °C'de 90. günde canlı kalabilirliklerinin sırasıyla %87,92 ve %93,57 olduğu görülmektedir. Bu durum başlangıç kültür sayısının yüksek olmasının depolama boyunca bu canlılığın yüksek oranda korunabileceğinin garantisi olmadığını bildiren çalışmaları destekler niteliktedir (Haynes ve Playne, 2002).

Canbulat (2010), kısa zincirli inülin kullanımının *L. rhamnosus* gelişimini artırdığı ve yoğurdun fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu yönde etkilediğini bildirirken, Di Criscio ve ark. (2010) probiyotik dondurmalarda inülinin toplam laktik asit bakteri (*L. casei* ve *L. rhamnosus*) sayısı üzerinde bir etkisinin bulunmadığını bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde inülinin *L. rhamnosus* üzerinde bir etkisi gözlenmemiştir.

L. rhamnosus GG (LGG) 1983 yılında sağlıklı bir insanın sindirim sisteminden izole edilmiştir. O zamandan bu yana hakkında çeşitli çalışmalar olmasına rağmen probiyotik dondurma ile ilgili çalışmalarda *L. acidophilus* ve *L. bulgaricus* kadar yaygın kullanılmamıştır (Abghari ve ark., 2011; Alamprese ve ark., 2005; De Farias ve ark., 2019; Di Criscio ve ark., 2010). Bir çalışmada *L. rhamnosus*'un *L. acidophilus*'a göre dondurma ortamında daha fazla oranda canlı kalabildiği, bu sebeple dondurma için avantajlı bir probiyotik olduğu vurgulanmıştır (De Farias ve ark., 2019).

L. rhamnosus düşük sıcaklığa karşı *L. bulgaricus*'a göre biraz daha dirençlidir. Yanında sinerjistik çalışabileceği bir bakteri olmaksızın fermente süt içerisinde iyi bir gelişme sağlamakta, aynı zamanda dondurma işleminden sonra -25 °C'de 90 günlük

depolama boyunca oldukça iyi bir canlı kalabilirlik göstermektedir. Alamprese ve ark. (2005), hem aktif hem de donmuş çözölmüş *L. rhamnosus* (LGG) hücrelerinin safra, antibiyotikler ve asitlik gibi stres faktörlerinin çoğuna karşı oldukça dirençli olduğunu belirlemiştir; *L. rhamnosus*'un dondurma ortamına uygun bir probiyotik olduğu görölmüştür.

Dondurma miksine olgunlaştırma aşamasında aktif *S. clausii* kültürü ilavesi yapılarak üretilen dondurmalarda 1. günde 8,69 log kob/g düzeylerinde olan *S. clausii* sayısı -18 °C'de depolamanın 90. gününde 8,00-8,69 log kob/g aralığında kalmıştır (Conceição ve ark., 2020). Çalışmamızda 1-90 gün boyunca en yüksek canlı kalabilirliği *S. clausii* ve inülin ilaveli dondurma göstermiştir. *S. clausii* sayıları 90. günde 8 log kob/g'ın üzerinde kalmıştır.

Buğday lifi fermente sütte *L. bulgaricus* sayısını artırırken bu sütle üretilmiş dondurmada 90 günlük depolamada *L. bulgaricus* sayısı üzerinde bir katkısı olmamıştır. Fermente sütte *S. thermophilus* sayısı buğday lifi ile artarken bu sütle üretilen dondurmada depolamanın 90. gününde de *S. thermophilus* sayısının lifsiz dondurmadan biraz daha fazla olduğu görölmektedir. *L. rhamnosus* sayısı buğday lifi ilaveli fermente sütte düşme eğilimi gösterirken bu sütle üretilen dondurmanın 90. gününde *L. rhamnosus* sayısının lifsiz örnekten daha fazla olması dikkat çekmektedir. Buğday lifi fermente sütte *S. clausii* sayısını artırırken, bu sütle üretilen dondurmada 90. günde *S. clausii* sayısının lifsiz dondurmadan daha az olduğu tespit edilmiştir. *W. coagulans* sayısı üzerinde buğday lifinin ne fermente sütte ne de dondurmada bir etkisi görölmüştür.

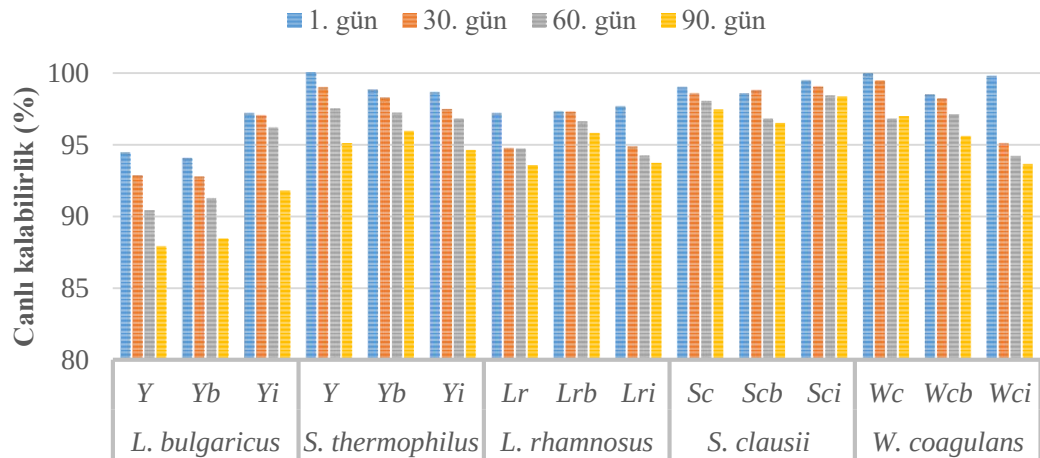
Inülinin fermente sütte *L. bulgaricus* ve *S. clausii* sayısına fazla bir katkısı olmazken, bu sütlerle üretilen dondurmalarda 90. günde lifsiz ve buğday lifli örneklerden daha fazla sayıda *L. bulgaricus* olduğu görölmüştür. Fermente sütte inülinin *S. thermophilus* ve *L. rhamnosus* sayısı üzerine fazla bir katkısı olmadığı gibi bu sütlerle üretilen dondurmaların 90. gününde bu iki bakteri sayısı lifsiz ve buğday lifi ilaveli örneklere göre daha düşük olmuştur. *W. coagulans* sayısı hem inülin içeren fermente sütte hem de bu sütle üretilen dondurmanın 90. gününde lifsiz ve buğday lifli örneklere göre daha düşük olmuştur.

Genel bir değerlendirme yapıldığında dondurmalarda -25 °C’de depolama süresi boyunca canlılığın korunması açısından buğday lifi *L. rhamnosus*, inülin ise *L. bulgaricus* ve *S. clausii* sayıları üzerinde olumlu etki göstermiştir. Bunun yanında *S. clausii* sayısı buğday lifi ilavesinden olumsuz etkilenirken, *W. coagulans* ise hem buğday lifi hem de inülin ilavesinden olumsuz etkilenmiştir.

Tablo 3.5. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki canlı kalabilirlik (%)

Örnekler	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
<i>L. bulgaricus</i>				
Y	94,44±1,33 ^{Da}	92,85±1,38 ^{Fa}	90,42±1,60 ^{Eb}	87,92±1,66 ^{Gc}
Yb	94,05±1,42 ^{Da}	92,77±1,30 ^{Fab}	91,27±1,44 ^{Eb}	88,47±1,81 ^{Gc}
Yi	97,19±0,69 ^{Ca}	97,04±1,33 ^{Da}	96,21±1,48 ^{BCa}	91,81±1,44 ^{Fb}
<i>S. thermophilus</i>				
Y	100,13±1,64 ^{Aa}	99,00±1,44 ^{ABab}	97,53±1,72 ^{ABb}	95,11±1,07 ^{CDEc}
Yb	98,81±1,15 ^{ABCa}	98,29±1,29 ^{ABCDab}	97,24±0,52 ^{ABbc}	95,95±1,65 ^{BCDc}
Yi	98,64±1,39 ^{ABCa}	97,48±1,35 ^{BCDab}	96,84±1,03 ^{ABb}	94,62±0,74 ^{DEc}
<i>L. rhamnosus</i>				
Lr	97,18±1,65 ^{Ca}	94,76±1,13 ^{Eb}	94,74±1,10 ^{CDb}	93,57±1,92 ^{Eb}
Lrb	97,30±1,19 ^{Ca}	97,31±1,32 ^{CDa}	96,63±0,67 ^{ABab}	95,81±0,77 ^{BCDb}
Lri	97,66±1,99 ^{BCa}	94,87±1,22 ^{Eb}	94,24±1,99 ^{Db}	93,72±1,73 ^{Eb}
<i>S. clausii</i>				
Sc	99,00±1,62 ^{ABCa}	98,57±1,08 ^{ABCDa}	98,07±1,52 ^{ABa}	97,45±1,60 ^{ABa}
Scb	98,54±1,20 ^{ABCa}	98,79±0,96 ^{ABCa}	96,83±1,18 ^{ABb}	96,51±0,70 ^{BCb}
Sci	99,47±1,97 ^{ABa}	99,04±0,48 ^{ABa}	98,44±1,51 ^{Aa}	98,37±1,56 ^{Aa}
<i>W. coagulans</i>				
Wc	99,94±1,52 ^{Aa}	99,46±1,34 ^{Aa}	96,83±1,01 ^{ABb}	96,99±1,23 ^{ABb}
Wcb	98,48±1,42 ^{ABCa}	98,21±1,10 ^{ABCDa}	97,11±1,61 ^{ABab}	95,60±1,67 ^{BCDb}
Wci	99,77±1,62 ^{Aa}	95,09±0,73 ^{Eb}	94,23±1,75 ^{Db}	93,66±1,19 ^{Eb}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



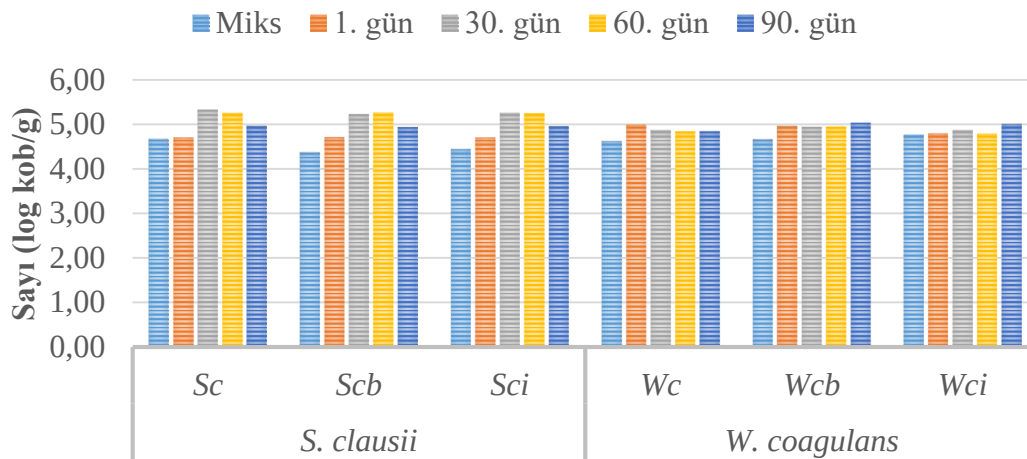
Şekil 3.5. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki canlı kalabilirlik (%)

Depolama boyunca *S. clausii* ve *W. coagulans* içeren dondurmalarda spor sayıları ise Tablo 3.6 ve Şekil 3.6’da verilmiştir. 90 günlük depolama boyunca *S. clausii* spor sayıları 60. güne kadar artmış, 90. günde ise bir miktar düşüş göstermiştir. *W. coagulans* sporları lif ilavesiz ve buğday lifli örneklerde miks aşamasından 1. güne bir miktar artış göstermekle birlikte lifsiz, buğday lifli ve inülinli dondurmalarda 1-90 günlük depolama boyunca değişime uğramamıştır. Raf ömrü boyunca *W. coagulans* spor sayılarının 4,79-5,04 log kob/g aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bakteri hücrelerinde vejetatif formdan spor forma geçişin olmadığı, spor sayılarının raf ömrü boyunca yakın düzeylerde kaldığı görülmüştür..

Tablo 3.6. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki *S. clausii* ve *W. coagulans* spor sayıları (log kob/g)

Örnekler	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
<i>S. clausii</i> sporları					
Sc	4,67±0,14 ^{Ac}	4,71±0,10 ^{Bc}	5,33±0,23 ^{Aa}	5,26±0,26 ^{Aa}	4,96±0,16 ^{Ab}
Scb	4,37±0,13 ^{Bd}	4,71±0,12 ^{Bc}	5,23±0,17 ^{Aa}	5,27±0,21 ^{Aa}	4,94±0,27 ^{Ab}
Sci	4,44±0,15 ^{Bc}	4,70±0,14 ^{Bb}	5,26±0,25 ^{Aa}	5,25±0,28 ^{Aa}	4,96±0,25 ^{Ab}
<i>W. coagulans</i> sporları					
Wc	4,62±0,10 ^{Ab}	5,00±0,12 ^{Aa}	4,87±0,18 ^{Ba}	4,84±0,10 ^{Ba}	4,84±0,26 ^{Aa}
Wcb	4,66±0,16 ^{Ab}	4,97±0,18 ^{Aa}	4,94±0,22 ^{Ba}	4,95±0,13 ^{Ba}	5,04±0,21 ^{Aa}
Wci	4,76±0,14 ^{Aa}	4,80±0,11 ^{Ba}	4,87±0,21 ^{Ba}	4,79±0,11 ^{Ba}	5,01±0,29 ^{Aa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.6. Depolama boyunca dondurma örneklerindeki *S. clausii* ve *W. coagulans* spor sayıları (log kob/g)

3.3. Duyusal Kalite

Duyusal değerlendirmenin ilk kısmında sorulan özelliklere ait sonuçlar Tablo 3.7 ve 3.8 ile Şekil 3.7 ve 3.8’de yer almaktadır. Kaşıktaki uzama puanları “az” ile “ortalama” olarak belirlenen değerlerde bulunmuş, en düşük değer buğday lifli yoğurt dondurmasında, en yüksek değer ise inülin ve *W. coagulans* içeren probiyotik dondurmada elde edilmiştir. Dondurma mikslarının hazırlanışında stabilizatör ve emülgatör oranları sabit olarak kullanıldığında örnekler arasındaki uzama farklılığının fermentasyonla oluşan değişimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Fermente sütün kıvamı protein etkileşimine bağlıdır, proteinlerin pıhtılaşıp yapısı kıvamı artırmaktadır. Bunun yanı sıra çeşitli kültürler sütün fermentasyonu sırasında yapışkan özellikte bir polisakkarit oluşturmaktadır. Ekzopolisakkarit olarak bilinen bu polisakkarit ürün viskozitesinde artış sağlamaktadır. Kùltürler tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin de yapışkan yapıyı dolayısıyla da uzama özelliğini etkileyebileceği düşünülmektedir (Akan ve ark., 2021; Goff ve Hartel, 2013; Milci ve Yaygın, 2005). Buzlu yapı puanları “çok az” olarak belirlenen aralıktadır ve örnekler arasında fark yoktur ($P>0,05$). Buzlu yapı dondurmalarında çok az hissedilmiş, tüm örneklerin puanı 2’nin altında kalmıştır. Buzlu yapının az olması stabilizatör ve emülgatörlerin doğru bir oranda kullanıldığını, dondurmanın işlenmesi ve depolanmasının uygun sıcaklıklarda yapıldığını göstermektedir (Goff ve Hartel, 2013; Hagiwara ve Hartel, 1996).

Gıdanın sıcaklığının tadını etkilediği, ılık sıcaklıktaki gıdaların tadının soğuk gıdalara göre daha güçlü algılandığı bildirilmektedir. Uçucu bileşenler yükselen sıcaklıklarda arttığı için tat daha güçlü hissedilmektedir. Tat alma tomurcukları 20-30 °C arasında daha algılayıcıdır, bu yüzden bu aralıkta tat daha yoğun algılanır (Vacklavik ve Christian, 2014). Bu nedenle dondurmanın tatlılığı elde edildiği mikse göre daha az olarak algılanır. Ayrıca dondurmanın tüketim sıcaklığının da tatlılık üzerinde etkisi bulunur. Çalışmamızda -25 °C’de depolanan örnekler panelistlere sunulmuş, depolamadan çıkarıldıktan yaklaşık 2 dakika kadar sonra yenilebilecek aşamaya gelmiş, duyusal değerlendirme yaklaşık -15±3 °C sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Tatlılık derecesi ve ağızda erime süresi değerleri tüm örneklerde ortalamaya yakındır, istatistiksel açıdan da bu parametreler bakımından örnekler arasında fark oluşmamıştır ($P>0,05$). Tüm örneklerde dengeli bir tatlılık sağlanmış, 5,00-5,50 arasında tatlılık puanları elde edilmiştir. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma reçetelerinde

genellikle %15-22 oranlarında şeker bulunurken bu çalışmada %13 şeker oranı ile istenen tatlılık elde edilebilmiştir (Güven ve Karaca, 2002; Goff ve Hartel, 2013; Akalın ve ark., 2018; Ayar ve ark., 2018).

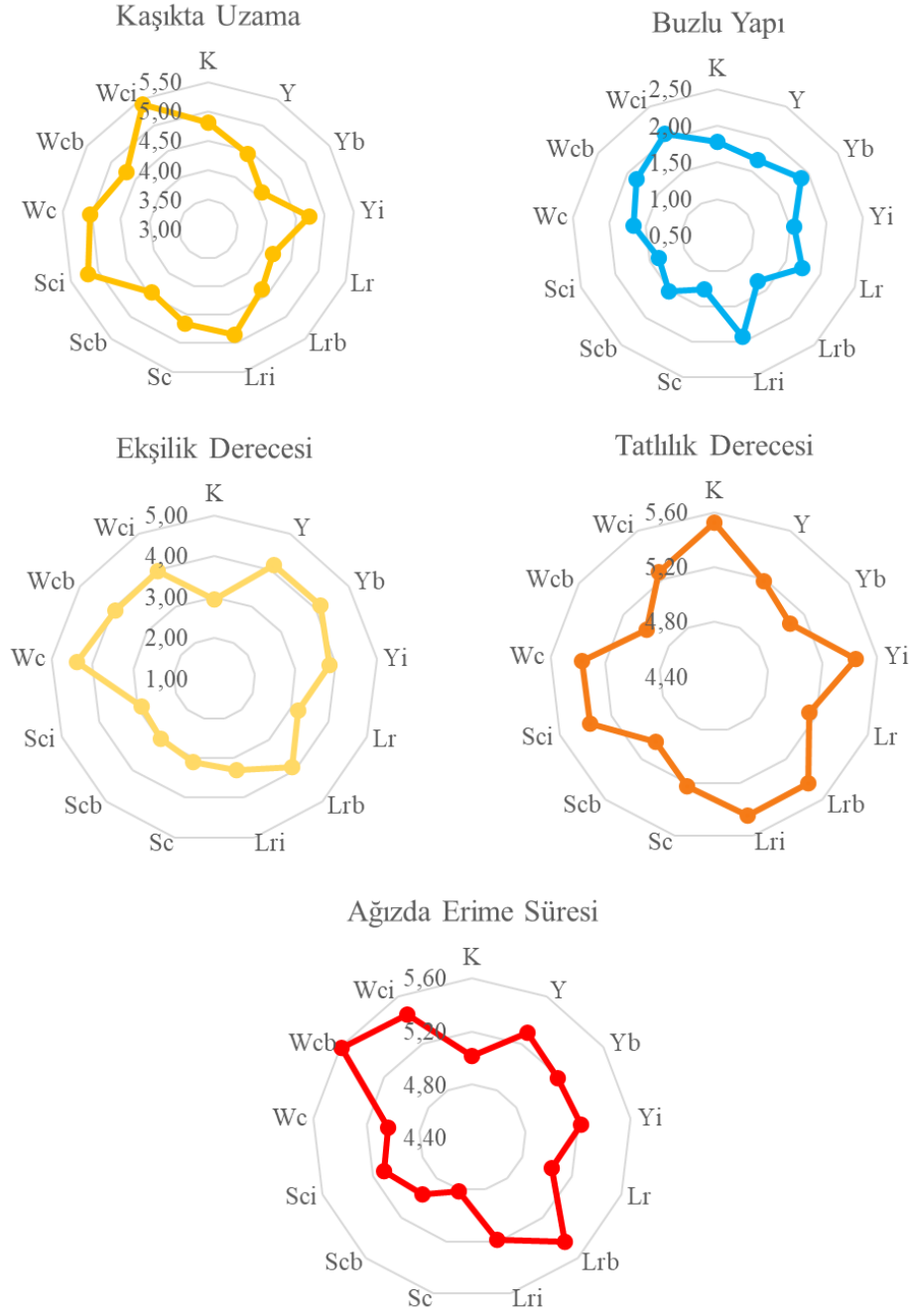
Dondurmalarda fermentasyon sonucu oluşan asidik tat duyusal olarak fazla dikkat çekmemiş, ekşilik değerleri genel olarak az bulunmuştur. Dondurmaların ekşilik puanları 9 üzerinden 5'in altında olmuştur. Ekşiliği en fazla olan örnek *W. coagulans* içeren lifsiz örnek, en az olan örnek ise *S. clausii* ve inülin içeren örnek olmuştur. Davidson ve ark. (2000), geleneksel yoğurt bakterileri *S. thermophilus*, *L. bulgaricus* ile probiyotik *L. acidophilus* ve *B. longum* bakterilerini kullanarak yoğurt dondurması ve probiyotik yoğurt dondurması üretmiş ve bunları -20 °C'de 11 hafta boyunca depolamıştır. pH 5,6 seviyesinde üründe asit aromasının hissedildiğini bildirmişlerdir (Davidson ve ark., 2000). Alamprese ve ark. (2005), tatlandırıcıların probiyotiklerin fermentasyon ürünlerinden gelen kötü lezzeti maskeleyebileceğini belirtmiştir. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmanın asidik tadının duyusal kaliteyi bir miktar düşürdüğü bilinmektedir. Farklı asitliğe sahip yoğurt dondurmalarının üretildiği bir çalışmada, asitlik azaldıkça duyusal tat beğenisinin arttığı görülmüştür (Guner ve ark., 2007). Çalışmamızda ekşilik fazla hissedilmediği için şekerin fazla kullanılması veya aroma verici çeşni ilavesine ihtiyaç olmamıştır.

Ağızda erime süresi puanları bakımından örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Bu özellik bakımından 5 puan en ideal ağızda erime süresini ifade etmektedir. Tüm örneklerin ortalama ağızda erime puanı 9 üzerinden 5,19'la en ideal puana oldukça yakındır. Erime süresi üzerinde başta kuru madde, stabilizatör ve emülgatör oranları olmak üzere miksin reçetesi, olgunlaştırma süresi, dondurma işlemi ve sonrasındaki depolama sıcaklığı gibi faktörler etkilidir (Goff ve Hartel, 2013). Elde edilen puanlarla bu faktörlerin uygun bir şekilde ele alınmış olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.7. Dondurma örneklerinin duyusal değerlendirme puanları (1. Bölüm)

Örnekler	Kaşıқта uzama	Buzlu yapı	Tatlılık derecesi	Ekşilik derecesi	Ağızda erime süresi
K	4,81±1,39 ^{ABC}	1,79±1,89 ^A	5,53±0,84 ^A	2,94±2,02 ^B	5,02±1,09 ^A
Y	4,44±1,78 ^{ABC}	1,67±0,88 ^A	5,19±1,00 ^A	4,15±2,20 ^{AB}	5,30±1,14 ^A
Yb	4,11±1,69 ^C	1,89±1,12 ^A	5,07±0,92 ^A	4,15±2,23 ^{AB}	5,19±1,21 ^A
Yi	4,74±1,70 ^{ABC}	1,56±0,89 ^A	5,44±1,01 ^A	3,85±2,11 ^{AB}	5,22±1,01 ^A
Lr	4,19±1,75 ^{BC}	1,74±0,94 ^A	5,15±1,17 ^A	3,19±2,15 ^{AB}	5,04±1,29 ^A
Lrb	4,37±1,67 ^{ABC}	1,33±0,78 ^A	5,44±1,12 ^A	3,89±2,22 ^{AB}	5,44±1,12 ^A
Lri	4,85±1,92 ^{ABC}	1,93±1,00 ^A	5,44±1,25 ^A	3,30±2,20 ^{AB}	5,19±1,39 ^A
Sc	4,67±1,80 ^{ABC}	1,26±1,81 ^A	5,22±0,70 ^A	3,11±2,22 ^{AB}	4,81±1,44 ^A
Scb	4,44±1,67 ^{ABC}	1,52±1,74 ^A	5,04±0,76 ^A	2,96±2,30 ^{AB}	4,96±0,94 ^A
Sci	5,19±1,52 ^{AB}	1,37±1,86 ^A	5,37±0,93 ^A	2,89±1,89 ^B	5,11±1,25 ^A
Wc	5,04±1,60 ^{ABC}	1,67±2,29 ^A	5,37±1,18 ^A	4,37±2,59 ^A	5,04±1,43 ^A
Wcb	4,70±1,41 ^{ABC}	1,85±2,13 ^A	5,00±0,88 ^A	3,93±2,37 ^{AB}	5,59±1,05 ^A
Wci	5,41±1,47 ^A	2,07±2,50 ^A	5,26±0,94 ^A	3,96±2,34 ^{AB}	5,44±1,25 ^A

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.7. Dondurma örneklerinin duyuşal değeriendirme puanları (1. Bölüm)

Duyuşal değeriendirmenin ikinci kısmında sorulan özelliklere ait sonuçlar Tablo 3.8 ve Şekil 3.8.'de yer almaktadır. Bu kısımdaki sorular ilk kısımdan farklı olarak parametreler açısından beğenin ölçülmesini amaçlamıştır. Örnekler arasında renk ve görünüş puanları açısından istatistiksel bir fark gözlenmemiştir, ortalama olarak 9 üzerinden 8,03 puan kaydedilmiştir. Örneklerde herhangi bir renklendirici bileşen kullanılmadığı için bu parametre açısından örnekler arasında bir fark oluşması

beklenmemekteydi, bu sayede renk ve görünüş etkisi olmaksızın örneklerin yapı ve kıvam, tat ve koku ve genel beğeni değerlendirmeleri yapılabilmektedir.

Yapı ve kıvam açısından en yüksek değerleri *S. clausii* içeren lifsiz örnek ile *W. coagulans* ve inülin içeren örnek alırken, en düşük değerleri yoğurt ve *L. rhamnosus* içeren dondurmaların buğday lifli olanları almıştır. Tüm örneklerde diyet lif ve kültür haricinde aynı reçeteye tabi olarak üretimler yapılmıştır. Bu nedenle yapı ve kıvam arasındaki farklılığın dondurmaların içerdiği %30 (a/a) oranındaki fermente sütlerden ileri geldiği düşünülebilir. Kültürlerin fermentasyonla ürettikleri bileşenler süt ürünlerinde yapı ve kıvam üzerinde etkili olmaktadır (Milci ve Yaygın, 2005; Akan ve ark., 2021).

Yoğurt dondurmasına buğday lifi ve inülinin eklenmesiyle tat ve koku puanları ve buna bağlı olarak genel kabul edilebilirlik puanları düşmüştür. Probiyotik dondurmalarda ise buğday lifi bahsedilen duyuşal özelliklere katkıda bulunmazken, inülinin olumlu etkisi olmuştur. Tat ve koku bakımından *L. rhamnosus* ve inülin içeren örnek en yüksek puanı alırken yoğurt ve buğday lifi içeren örnek en düşük puanı almıştır. Genel beğeni açısından dikkat çeken örnekler *L. rhamnosus*'un lifsiz ve inülinli dondurmaları, *S. clausii*'nin lifsiz ve buğday lifli dondurması ve *W. coagulans*'ın buğday lifli ve inülinli dondurması olmuştur. Yine de örneklerin tümünün genel beğeni puanları "tatminkâr" ile "çok iyi" dereceleri arasında yer almıştır. İnülinin bazı *Lactobacillus* suşlarının metabolik aktivitesini iyileştirebildiği ve böylece fermente sütte farklı uçucu bileşikler sağlayabildiği bildirilmiştir (Balthazar ve ark., 2018). Çalışmamızda *L. rhamnosus*'lu dondurmaya inülin ilavesiyle tat ve koku puanı artarken genel beğeni puanı bir miktar artsa da bu artış istatistiksel açıdan bir farklılık oluşturmamıştır ($P>0,05$). Diyet lifi ilavesiyle tat ve koku ile genel beğeni puanları lifsiz örneğine göre artan örnekler *W. coagulans* ilaveli dondurmalar olmuştur. Buğday lifi ve inülin ilavesi bir şekilde bu parametreleri anlamlı bir şekilde artırmıştır. Bu durumda Balthazar ve ark. (2018) tarafından *L. rhamnosus* için rapor edilen duruma benzer şekilde buğday lifi ve inülin ilavesiyle tat olarak hoş gidebilecek uçucu bileşenlerin oluşması sağlanmış olabilir.

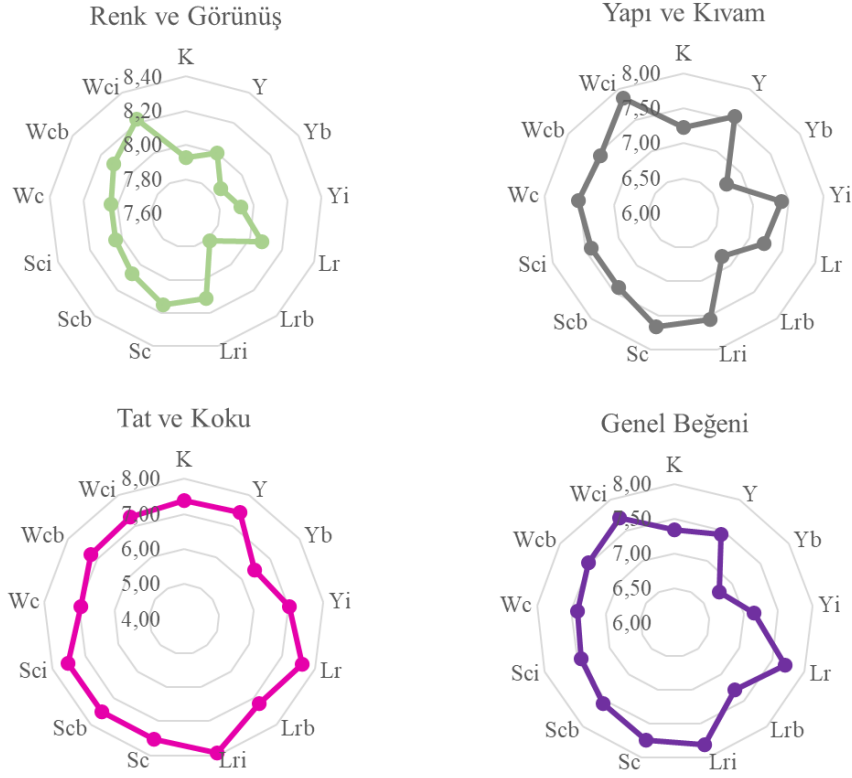
Probiyotik dondurmalarda, probiyotik mikroorganizmanın gelişme faaliyetleri sonucu asitliğin yükselmesiyle birlikte dondurmada fermente ekşimsi bir tat oluşmaktadır (Guner ve ark., 2007; Davidson ve ark., 2000). Çalışmamızda fermente süt ilavesiyle

tat ve koku puanlarının kontrol örneğine göre düşüşü sadece *W. coagulans* ilaveli lifsiz dondurma örneğinde gözlenmiştir. *W. coagulans*'ın yanında buğday lifi ve inülin kullanımıyla tat ve koku puanları yükselerek kontrol dondurması ile aynı seviyelere gelmiştir. Taşbaşı (2022) yaptığı çalışmada bu asitlik sebebiyle probiyotik ilaveli dondurma örneklerinde tat puanlarının probiyotik ilaveli olmayan örneklere göre daha düşük bulunduğunu açıklamıştır.

Tablo 3.8. Dondurmaların örneklerinin duyusal değerlendirme puanları (2. Bölüm)

Örnekler	Renk ve görünüş	Yapı ve kıvam	Tat ve koku	Genel beğeni
K	7,93±0,97 ^A	7,22±1,03 ^{AB}	7,38±1,03 ^{AB}	7,33±1,04 ^{AB}
Y	8,00±0,88 ^A	7,56±1,05 ^{AB}	7,44±1,01 ^{AB}	7,44±1,05 ^{AB}
Yb	7,85±1,13 ^A	6,74±1,63 ^B	6,44±1,22 ^C	6,78±1,19 ^B
Yi	7,93±1,04 ^A	7,41±1,15 ^{AB}	7,04±1,19 ^{BC}	7,15±1,06 ^{AB}
Lr	8,07±0,87 ^A	7,22±1,19 ^{AB}	7,59±1,05 ^{AB}	7,70±0,78 ^A
Lrb	7,81±1,08 ^A	6,81±1,78 ^B	7,22±1,12 ^{AB}	7,30±1,17 ^{AB}
Lri	8,11±0,70 ^A	7,56±1,15 ^{AB}	7,93±0,78 ^A	7,81±0,79 ^A
Sc	8,15±0,95 ^A	7,67±1,41 ^A	7,52±1,19 ^{AB}	7,74±1,10 ^A
Scb	8,07±0,83 ^A	7,41±1,22 ^{AB}	7,52±1,19 ^{AB}	7,56±1,12 ^A
Sci	8,04±0,85 ^A	7,41±1,50 ^{AB}	7,52±1,19 ^{AB}	7,44±1,25 ^{AB}
Wc	8,04±0,90 ^A	7,52±1,22 ^{AB}	6,96±1,91 ^{BC}	7,41±1,55 ^{AB}
Wcb	8,11±0,89 ^A	7,44±1,58 ^{AB}	7,22±1,05 ^{AB}	7,52±1,25 ^A
Wci	8,22±0,75 ^A	7,85±1,06 ^A	7,30±1,44 ^{AB}	7,70±0,82 ^A

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.8. Dondurma örneklerinin duysal değerlendirme puanları (2. Bölüm)

3.4. Fiziksel Özellikler

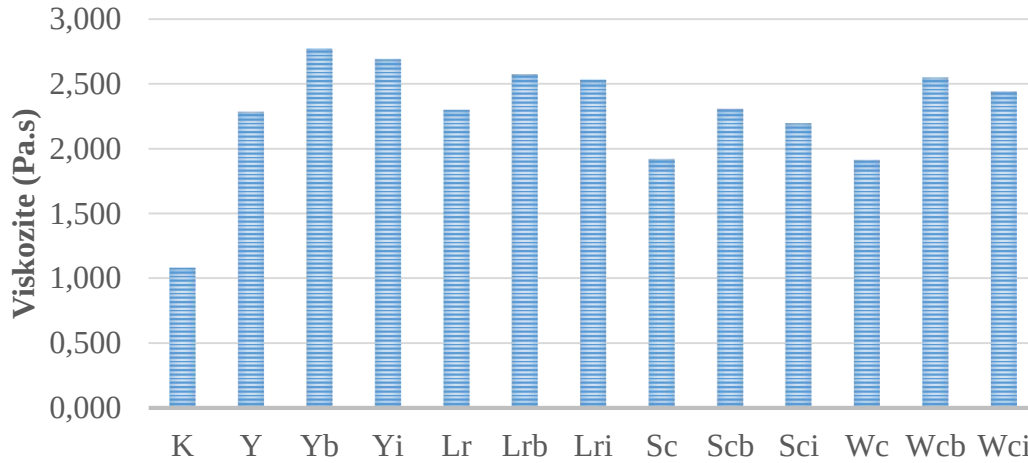
3.4.1. Viskozite

Hem kültür hem de lif ilavesi yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinin viskozite değerlerini artırmıştır (Tablo 3.9 ve Şekil 3.9). Sütte laktik asit fermentasyonu yapan bakteriler ürettikleri ekzopolisakkaritler sayesinde viskozitede artışa neden olurlar (Akan ve ark., 2021; Milci ve Yaygın, 2005). Süt kazein jelleri, esas olarak süt ürünlerinin reolojik özelliklerinden sorumludur. Kazein misellerinin agregasyonu ve jel oluşumu, fermentasyon sırasındaki biyokimyasal ve fizikokimyasal değişikliklerin bir sonucu olarak viskozitenin artışına yol açar (Costa ve ark., 2015; Park, 2007). Ayrıca diyet liflerin viskozite üzerinde artışa neden olacağı beklenen bir durumdur. İnülin eklenmiş dondurma numunelerinin yüksek viskozitesi, inülinin higroskopik, yani nemçeker özelliği ile ilişkilidir. İnülinin yüksek su tutma kapasitesi, stabilizatör görevi görmesine neden olur ve bu da viskoziteyi artırır (Alibekiroğlu, 2014; Akın ve ark., 2007; Soukoulis ve ark., 2009).

Tablo 3.9. Yoğurt dondurmaları ve probiyotik dondurmaların viskozite değerleri

Örnekler	Viskozite (Pa.s)
K	1,08±0,074 ^H
Y	2,28±0,064 ^E
Yb	2,77±0,028 ^A
Yi	2,69±0,049 ^B
Lr	2,30±0,093 ^E
Lrb	2,57±0,093 ^C
Lri	2,53±0,096 ^C
Sc	1,92±0,043 ^G
Scb	2,31±0,045 ^E
Sci	2,20±0,065 ^F
Wc	1,91±0,034 ^G
Wcb	2,55±0,062 ^C
Wci	2,44±0,091 ^D

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.9. Dondurma örneklerinin viskozite değerleri

3.4.2. Hacim artışı

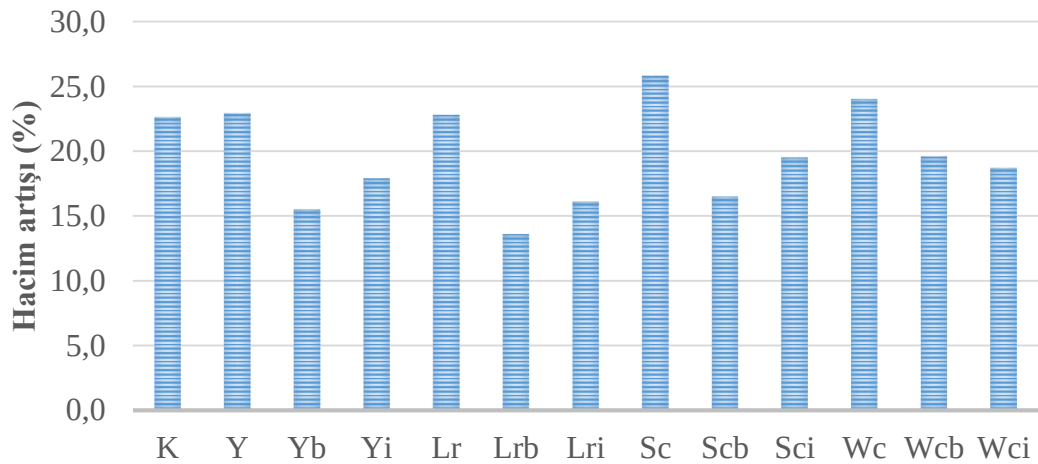
Örneklerin % hacim artışı kültür ilavesiyle bir miktar artarken diyet liflerin ilavesiyle azalmıştır (Tablo 3.10 ve Şekil 3.10). Kullanılan dondurma makinesinin karışıma hava verme özelliği olmadığı için hacim artışı doğal olarak meydana gelmiştir. Dondurma karıştırılarak üretilen bir ürün olduğu için işlem sırasında içerisine bol miktarda oksijen girmektedir (Akın ve ark., 2007). Dondurma yapımı esnasında dondurma miksine hava girişiyle artan oksijen seviyesi üründeki anaerobik ve mikroaerofilik karaktere sahip probiyotik bakteriler için kritik bir problem teşkil etmektedir

(Champagne ve ark. 2005). Bu nedenle ürüne hava verilmeyerek ve hacim artışının miksin dondurma makinesinde dönmesi sırasında doğal yollarla oluşmasını sağlamak, yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmelerde bakterilerin canlılığını korumak için uygun bir yöntem olarak düşünülebilir. Bunun yanında kalite özellikleri açısından dondurmada hacim artışı için uygun aralığın % 10-50 arasında olduğunu bildirmiştir (Goff, 1997). Çalışmamızda dondurma örneklerinin hacim artışı (%) değerleri %13,6-25,8 aralığındadır.

Tablo 3.10. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri

Örnekler	Hacim artışı (%)
K	22,6±1,8 ^B
Y	22,9±2,0 ^{AB}
Yb	15,5±2,2 ^{EF}
Yi	17,9±2,8 ^{CDE}
Lr	22,8±2,9 ^{AB}
Lrb	13,6±3,8 ^F
Lri	16,1±2,3 ^{DEF}
Sc	25,8±1,5 ^A
Scb	16,5±2,1 ^{CDEF}
Sci	19,5±1,8 ^C
Wc	24,0±2,9 ^{AB}
Wcb	19,6±2,8 ^C
Wci	18,7±1,8 ^{CD}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.10. Dondurma örneklerinin hacim artışı değerleri

3.4.3. İlk damlama ve tamamen erime süreleri

Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerindeki ilk damlama ve tamamen erime süreleri Tablo 3.11 ve 3.12 ile Şekil 3.11 ve 3.12’de yer almaktadır. Çalışmamızda buğday lifi ilavesi hem yoğurt dondurmasında hem de probiyotik dondurmalarda ilk damlama sürelerini artırmıştır, tamamen erime süreleri üzerinde ise kültür bazında farklı etkiler görülmüştür. Buğday lifi, yoğurt dondurmasında ve *S. clausii* kültürünü içeren dondurmada tamamen erime süresini kısaltırken, *L. rhamnosus* ve *W. coagulans* kültürlerini içeren dondurmalarda kayda değer bir değişikliğe neden olmamıştır. Dondurmada erime, stabilizatör ve emülgatör oranı, şeker oranı, toplam kuru madde miktarı, buz kristallerinin boyutu, yağ taneciklerinin boyutu, destabilize yağ oranı ve depolama süresi gibi faktörlerden etkilenir. Dondurma örneklerinde düşük yağ içeriğinin erimeyi hızlandırdığı, düşük şeker içeriğinin ise tam tersine geciktirici etkisi olduğu bilinmektedir (Goff ve Hartel 2013; Muse ve Hartel 2004). Bu durumda dondurmanın erime süresi bakımından düşük şeker ve yağ içeriğinin birbirini dengeleyebileceği söylenebilir. Örneklerdeki nem değişimlerine bağlı olarak depolama sırasında erime hızı düşebilir veya dalgalanabilir (Akalin ve Erişir, 2008). Akalin ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada depolama süresi boyunca %2 buğday lifli dondurmanın kontrol dondurmasına göre daha geç eridiği bulunmuştur. Ayrıca buğday lifi numunesi, bazı depolama günlerinde yulaf veya bambu lifi içeren dondurmalarla göre daha az erimiştir. Bu durum buğday lifli dondurmanın yulaf veya bambu lifli örneklerle kıyasla daha yüksek sertlik değerine bağlanmıştır.

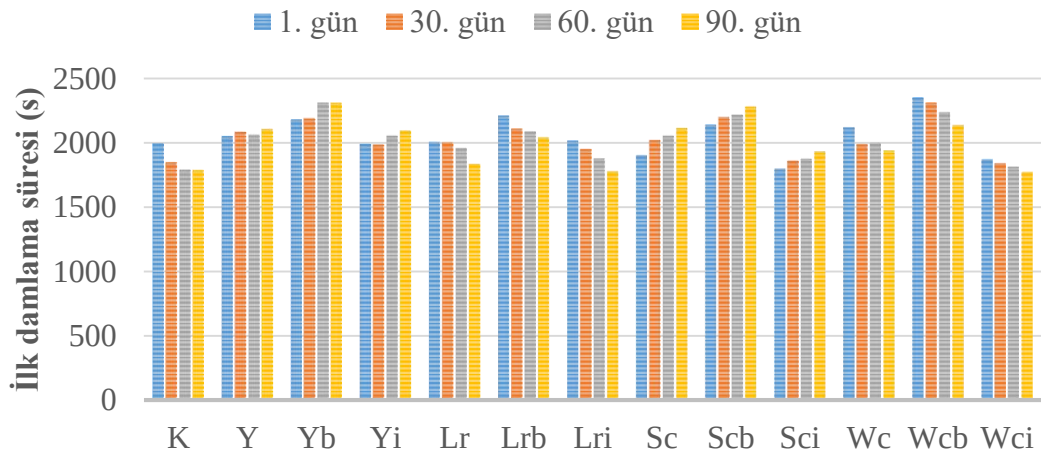
Çeşitli çalışmalarda inülinin de erimeyi geciktirdiği belirtilmiştir. İnülin, su moleküllerinin serbest hareketini bağlama yeteneğine sahip olduğu için stabilizatör etkisi göstererek çözünmeyi geciktirir. Bu özellik oluşan buz kristallerinin kararlılığını artırır (Akalin ve ark., 2018; Akın ve ark., 2007). Dondurmaya %1 ve %2 inülin ilave edildiği bir çalışmada ilk damlama ve tam erime değerleri %1 inülin ilavesi ile istatistiksel olarak değişmezken, %2 inülin ilavesi ile bir miktar artmıştır (Akın ve ark., 2007). Bu çalışmada ise %1,5 inülinin ilk damlama süreleri üzerinde bir etkisi olmadığı ancak tam erime sürelerini biraz azalttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda inülin içeren örneklerin ilk damlama ve tamamen erime sürelerinin uzun olması yine inülinin stabilizatör etkisi sebebiyle su moleküllerinin serbest hareketini engellemesine bağlanabilir. Bu durum çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Akın ve

ark., 2007; Alibekiroğlu, 2014). Diğer bir ifadeyle, inülin içeren örneklerde suyun serbest hareketinin engellenmesi nedeniyle oluşan buz kristallerinin daha kararlı bir yapıda olduğu ve sonuç olarak da daha geç eridiği tahmin edilmektedir. Dondurmalarla %1 ve %2 inülin ilave edildiği bir çalışmada %1 inülin ilavesiyle ilk damlama ve tamamen erime değerleri istatistiksel olarak aynı olurken, %2 inülin ilavesiyle bir miktar artmıştır (Akın ve ark., 2007). Akalın ve Erişir (2008) depolama süresi ilerledikçe erime oranının düştüğünü bildirmişlerdir.

Tablo 3.11. Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri

Örnekler	İlk damlama süresi (saniye)			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	1998±34 ^{Ea}	1848±36 ^{Fb}	1792±52 ^{Gb}	1787±70 ^{Eb}
Y	2053±43 ^{DEa}	2086±76 ^{CDa}	2063±52 ^{CDa}	2106±87 ^{Ea}
Yb	2183±49 ^{BCb}	2190±80 ^{Bb}	2313±52 ^{Aa}	2309±67 ^{Ea}
Yi	1992±44 ^{Eb}	1986±50 ^{Eb}	2055±77 ^{CDab}	2092±63 ^{Ea}
Lr	2007±48 ^{Ea}	2003±47 ^{Ea}	1957±45 ^{Ea}	1834±49 ^{Db}
Lrb	2213±42 ^{Ba}	2111±41 ^{Cb}	2088±45 ^{Cbc}	2041±60 ^{Dc}
Lri	2018±70 ^{Ea}	1950±50 ^{Eab}	1878±77 ^{Fb}	1776±75 ^{Cc}
Sc	1906±77 ^{Fc}	2020±51 ^{DEb}	2055±85 ^{CDab}	2113±60 ^{BCa}
Scb	2141±81 ^{BCb}	2199±80 ^{Bab}	2217±62 ^{Bab}	2278±54 ^{BCa}
Sci	1801±38 ^{Gb}	1860±78 ^{Fab}	1875±57 ^{Fa}	1931±50 ^{BCa}
Wc	2121±68 ^{CDa}	1989±58 ^{Eb}	1998±84 ^{DEb}	1939±84 ^{Bb}
Wcb	2355±80 ^{Aa}	2312±93 ^{Aab}	2238±84 ^{ABbc}	2136±91 ^{Ac}
Wci	1873±73 ^{Fa}	1841±77 ^{Fab}	1813±56 ^{FGab}	1771±37 ^{Ab}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



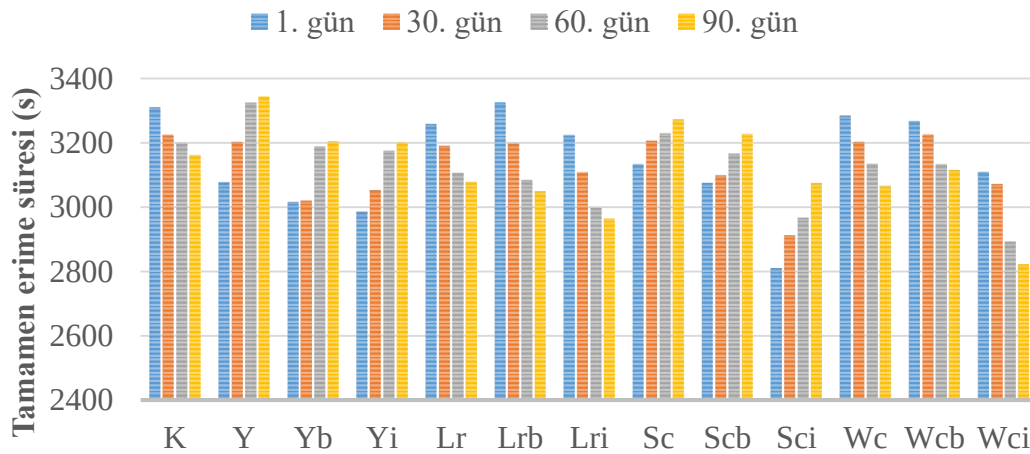
Şekil 3.11. Dondurma örneklerinin ilk damlama süreleri

Çalışmamızda yoğurt dondurmaları ve *S. clausii* içeren dondurmaların depolama boyunca ilk damlama ve tamamen erime süreleri artarken, kontrol örneği, *L. rhamnosus* ve *W. coagulans* içeren dondurmaların ise tam tersine depolama boyunca bu değerleri azalmıştır (Tablo 3.11 ve 3.12; Şekil 3.11 ve 3.12). Depolama süresi arttıkça dondurmanın daha erken ya da geç erimesi ya da değerlerde dalgalanmalar görülmesi olağan bir durumdur, genellikle örnekleri depolama süresince nem değişimleri ile ilişkilendirilir (Atsan ve Çağlar, 2008; Sezer, 2015; Ahmad, 2019).

Tablo 3.12. Dondurma örneklerinin tamamen erime süreleri

Örnekler	Tamamen erime süresi (saniye)			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	3311±55 ^{Aa}	3224±51 ^{Ab}	3198±54 ^{BCb}	3161±48 ^{CDb}
Y	3078±30 ^{CDc}	3202±57 ^{Ab}	3325±59 ^{Aa}	3343±51 ^{Aa}
Yb	3017±65 ^{DEb}	3020±49 ^{Cb}	3188±45 ^{BCa}	3204±57 ^{BCa}
Yi	2987±43 ^{Eb}	3053±62 ^{BCb}	3176±71 ^{BCDa}	3200±75 ^{BCa}
Lr	3259±70 ^{ABa}	3190±69 ^{Aa}	3106±53 ^{DEb}	3078±50 ^{Eb}
Lrb	3326±79 ^{Aa}	3197±31 ^{Ab}	3085±59 ^{Ec}	3050±60 ^{Ec}
Lri	3225±71 ^{Ba}	3108±48 ^{Bb}	2998±64 ^{Fc}	2964±74 ^{Fc}
Sc	3134±33 ^{Cb}	3206±69 ^{Aa}	3229±53 ^{Ba}	3273±53 ^{ABa}
Scb	3076±63 ^{CDc}	3099±36 ^{Bc}	3166±49 ^{BCDb}	3228±50 ^{BCa}
Sci	2811±67 ^{Fc}	2912±31 ^{Db}	2967±48 ^{Fb}	3075±47 ^{Ea}
Wc	3285±101 ^{ABa}	3203±98 ^{Aab}	3135±57 ^{CDEbc}	3067±110 ^{Ec}
Wcb	3268±98 ^{ABa}	3225±64 ^{Aab}	3133±97 ^{CDEbc}	3115±58 ^{DEc}
Wci	3110±35 ^{Ca}	3072±68 ^{BCa}	2894±43 ^{Gb}	2823±79 ^{Gc}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.12. Dondurma örneklerinin tamamen erime süreleri

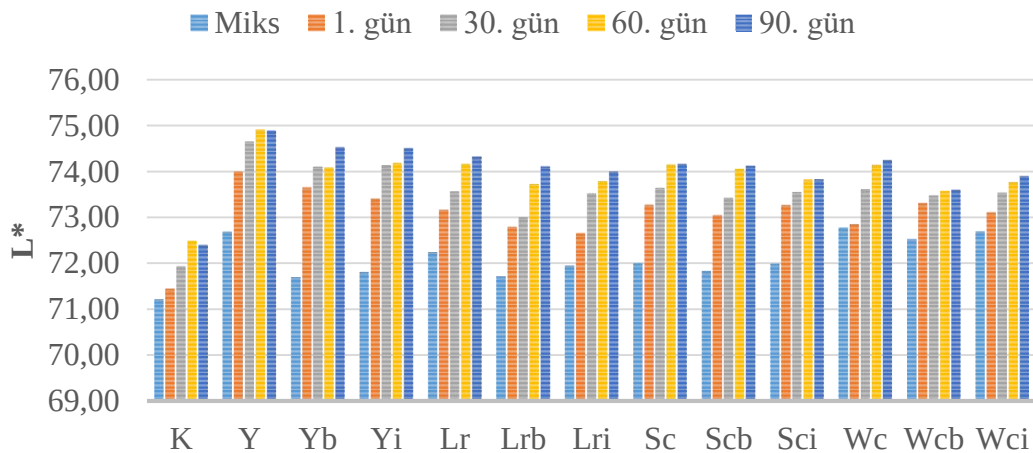
3.4.4. Renk değerleri (L*, a*, b*, WI, YI, ve ΔE)

L* değerleri depolama sırasında genel olarak yükselmiştir (Tablo 3.13 ve Şekil 3.13). Kontrol miksi 71,21 L* değerine sahip olurken fermente süt içeren mikslar ise 71,70-72,69 L* değerlerine sahip olmuştur. Dondurmaların L* değerleri kültürlerin eklenmesiyle artarken, diyet liflerinin eklenmesiyle azalmıştır. Bunun yanında L* değerleri depolama sırasında genel olarak yükselmiş, depolama sonunda L* değerleri 72,39-74,88'e ulaşmıştır. Teichert ve ark. (2020), inek sütünün fermentasyonu ile L* değerlerinin düştüğünü bildirmiştir. Akça (2019), dondurmaların L* değerlerinin depolama süresince artma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.

Tablo 3.13. Dondurma örneklerinin L* değerleri

Örnekler	Miks	L*			
		1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	71,21±0,09 ^{Gd}	71,44±0,13 ^{lc}	71,93±0,12 ^{Fb}	72,48±0,16 ^{Ea}	72,39±0,14 ^{Ia}
Y	72,69±0,11 ^{Ad}	73,98±0,14 ^{Ac}	74,66±0,12 ^{Ab}	74,91±0,11 ^{Aa}	74,88±0,12 ^{Aa}
Yb	71,70±0,14 ^{Fd}	73,64±0,11 ^{Bc}	74,10±0,14 ^{Bb}	74,08±0,12 ^{Bb}	74,52±0,11 ^{Ba}
Yi	71,81±0,16 ^{EFd}	73,40±0,14 ^{Cc}	74,14±0,15 ^{Bb}	74,18±0,12 ^{Bb}	74,50±0,12 ^{Ba}
Lr	72,24±0,10 ^{Cd}	73,15±0,13 ^{DEFc}	73,57±0,13 ^{CDb}	74,16±0,16 ^{Ba}	74,32±0,13 ^{Ca}
Lrb	71,71±0,09 ^{Fc}	72,79±0,12 ^{GHd}	73,00±0,11 ^{Ec}	73,72±0,16 ^{CDb}	74,10±0,14 ^{DEa}
Lri	71,95±0,08 ^{DEc}	72,65±0,14 ^{Hd}	73,52±0,14 ^{CDc}	73,79±0,13 ^{Cb}	73,99±0,14 ^{EFa}
Sc	72,00±0,15 ^{Dd}	73,27±0,15 ^{CDc}	73,64±0,07 ^{Cb}	74,15±0,13 ^{Ba}	74,16±0,14 ^{Da}
Scb	71,83±0,14 ^{DEFd}	73,04±0,10 ^{Fc}	73,42±0,07 ^{Db}	74,05±0,20 ^{Ba}	74,12±0,14 ^{DEa}
Sci	71,99±0,12 ^{Dd}	73,26±0,10 ^{CDEc}	73,55±0,06 ^{CDb}	73,83±0,05 ^{Ca}	73,82±0,13 ^{Ga}
Wc	72,78±0,21 ^{Ac}	72,84±0,13 ^{Ge}	73,62±0,16 ^{Cb}	74,15±0,16 ^{Ba}	74,24±0,14 ^{CDa}
Wcb	72,53±0,18 ^{Bc}	73,30±0,12 ^{CDb}	73,48±0,12 ^{CDab}	73,57±0,18 ^{Da}	73,59±0,15 ^{Ha}
Wci	72,70±0,12 ^{Ad}	73,10±0,17 ^{EFc}	73,53±0,16 ^{CDb}	73,76±0,17 ^{Ca}	73,89±0,11 ^{FGa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



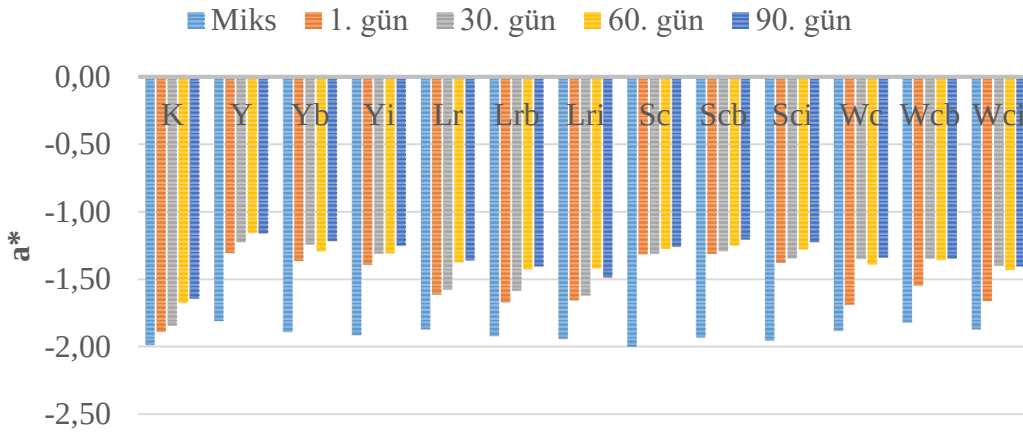
Şekil 3.13. Dondurma örneklerinin L* değerleri

a* değerleri (Tablo 3.14 ve Şekil 3.14) mikslardan dondurma üretimlerinde artmış, dondurmaların depolama süresince de artışa devam etmiştir. Kültür ve diyet lif ilaveli dondurmaların a* değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.14. Dondurma örneklerinin a* değerleri

Örnekler	Miks	a*			
		1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	-1,99±0,03 ^{FGc}	-1,89±0,06 ^{Gb}	-1,84±0,06 ^{Fb}	-1,67±0,05 ^{Ga}	-1,65±0,03 ^{Ga}
Y	-1,81±0,03 ^{Ad}	-1,31±0,04 ^{Ac}	-1,23±0,06 ^{Ab}	-1,16±0,04 ^{Aa}	-1,16±0,03 ^{Aa}
Yb	-1,89±0,02 ^{BCDd}	-1,37±0,03 ^{BCc}	-1,24±0,03 ^{Aa}	-1,29±0,03 ^{BCb}	-1,22±0,04 ^{BCa}
Yi	-1,91±0,02 ^{BCDEd}	-1,40±0,06 ^{Cc}	-1,31±0,04 ^{BCb}	-1,31±0,06 ^{Cb}	-1,25±0,04 ^{BCa}
Lr	-1,87±0,03 ^{Be}	-1,62±0,04 ^{Eb}	-1,58±0,04 ^{Eb}	-1,37±0,03 ^{DEa}	-1,36±0,03 ^{Da}
Lrb	-1,92±0,04 ^{CDEd}	-1,68±0,05 ^{Fc}	-1,59±0,03 ^{Eb}	-1,43±0,05 ^{Fa}	-1,41±0,04 ^{Ea}
Lri	-1,94±0,03 ^{Ed}	-1,66±0,05 ^{EFc}	-1,62±0,03 ^{Ec}	-1,42±0,03 ^{EFa}	-1,49±0,03 ^{Fb}
Sc	-2,00±0,04 ^{Gc}	-1,32±0,02 ^{ABb}	-1,31±0,03 ^{BCb}	-1,27±0,02 ^{BCab}	-1,26±0,06 ^{Ca}
Scb	-1,93±0,04 ^{DEd}	-1,32±0,04 ^{ABc}	-1,29±0,03 ^{Bc}	-1,25±0,03 ^{Bb}	-1,21±0,03 ^{Ba}
Sci	-1,95±0,04 ^{EFc}	-1,38±0,05 ^{Cb}	-1,34±0,04 ^{Cb}	-1,28±0,05 ^{BCa}	-1,23±0,03 ^{BCa}
Wc	-1,88±0,05 ^{BCc}	-1,69±0,08 ^{Fb}	-1,35±0,05 ^{Ca}	-1,39±0,05 ^{DEFa}	-1,34±0,03 ^{Fb}
Wcb	-1,82±0,04 ^{Ac}	-1,55±0,03 ^{Db}	-1,35±0,02 ^{Ca}	-1,36±0,03 ^{Da}	-1,35±0,03 ^{Da}
Wci	-1,87±0,04 ^{Bc}	-1,66±0,02 ^{EFb}	-1,40±0,04 ^{Da}	-1,43±0,04 ^{Fa}	-1,41±0,03 ^{Ea}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



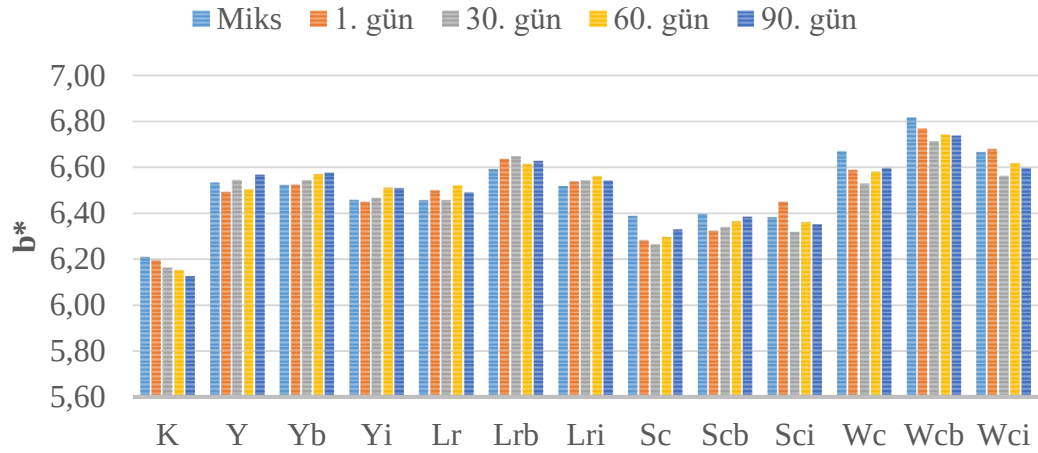
Şekil 3.14. Dondurma örneklerinin a* değerleri

b* değerleri (Tablo 3.15 ve Şekil 3.15) kültür ve diyet lif ilaveli örneklerde kontrol örneğine göre daha yüksektir. Kontrol örneğinde b* değerleri depolama boyunca azalırken kültür ve diyet lif ilaveli örneklerde dalgalanmalar görülmüştür.

Tablo 3.15. Dondurma örneklerinin b* değerleri

Örnekler	b*				
	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	6,21±0,03 ^{Ga}	6,19±0,04 ^{Hab}	6,16±0,04 ^{Gbc}	6,15±0,04 ^{Ibc}	6,13±0,03 ^{Ic}
Y	6,53±0,06 ^{Dab}	6,49±0,05 ^{EFb}	6,55±0,04 ^{Cab}	6,51±0,04 ^{Fb}	6,57±0,03 ^{CDa}
Yb	6,52±0,03 ^{Db}	6,52±0,03 ^{Eb}	6,54±0,04 ^{Cab}	6,57±0,04 ^{BCDa}	6,58±0,03 ^{BCDa}
Yi	6,46±0,03 ^{Eb}	6,45±0,04 ^{Fb}	6,47±0,04 ^{Db}	6,51±0,04 ^{EFa}	6,51±0,02 ^{EFa}
Lr	6,46±0,04 ^{Ed}	6,50±0,04 ^{EFc}	6,46±0,03 ^{Db}	6,52±0,04 ^{DEFa}	6,49±0,04 ^{Fa}
Lrb	6,59±0,04 ^{Cb}	6,64±0,04 ^{BCab}	6,65±0,03 ^{Ba}	6,62±0,03 ^{BCab}	6,63±0,04 ^{Bab}
Lri	6,52±0,04 ^{Da}	6,54±0,04 ^{DEa}	6,54±0,04 ^{Ca}	6,56±0,04 ^{CDEa}	6,54±0,04 ^{DEa}
Sc	6,39±0,05 ^{Fa}	6,28±0,03 ^{Gbc}	6,27±0,05 ^{Fc}	6,30±0,05 ^{Hbc}	6,33±0,05 ^{Hb}
Scb	6,40±0,06 ^{Fa}	6,32±0,05 ^{Gb}	6,34±0,06 ^{Eab}	6,37±0,03 ^{Gab}	6,39±0,05 ^{Gab}
Sci	6,38±0,07 ^{Fab}	6,45±0,06 ^{Fa}	6,32±0,06 ^{EFb}	6,36±0,05 ^{Gb}	6,35±0,06 ^{GHb}
Wc	6,67±0,04 ^{Ba}	6,59±0,04 ^{CDbc}	6,53±0,05 ^{Cc}	6,58±0,07 ^{BCbc}	6,60±0,04 ^{BCb}
Wcb	6,82±0,04 ^{Aa}	6,77±0,07 ^{Aab}	6,71±0,06 ^{Ac}	6,74±0,05 ^{Ac}	6,74±0,05 ^{Ac}
Wci	6,67±0,06 ^{Ba}	6,68±0,05 ^{Ba}	6,56±0,06 ^{Cb}	6,62±0,05 ^{Bab}	6,60±0,06 ^{BCb}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

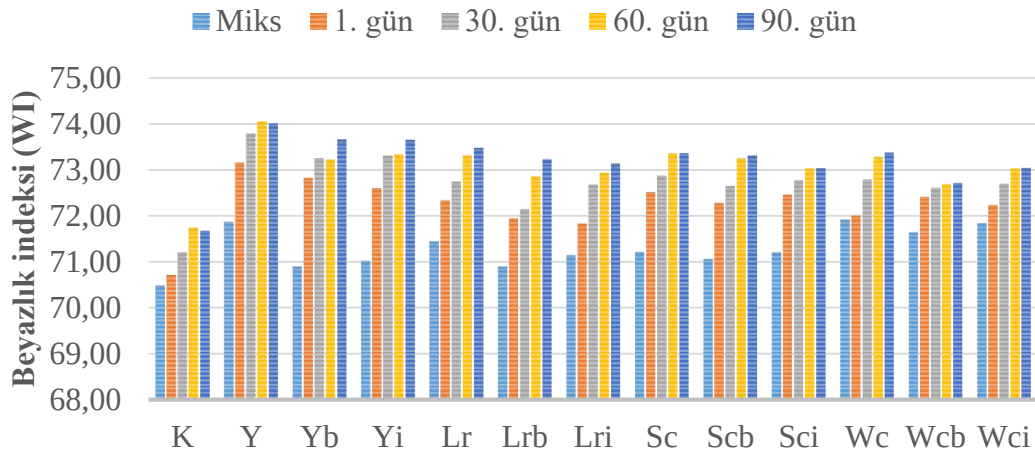
**Şekil 3.15.** Dondurma örneklerinin b* değerleri

Beyazlık indeksi (whiteness index, WI) değerleri Tablo 3.16 ve Şekil 3.16'da verilmiştir. Kontrol miksi 70,49 WI değerlerine; fermente süt içeren mikslar ise 70,89-71,86 WI değerlerine sahip olmuştur. Dondurmaların WI değerleri kültürlerin eklenmesiyle artarken, diyet liflerinin eklenmesiyle azalmıştır. Bunun yanında WI değerleri depolama sırasında genel olarak yükselmiştir; depolama sonunda WI değerleri 71,67-74,01'e ulaşmıştır. Teichert ve ark. (2020), inek sütünün fermentasyonu ile WI değerinin arttığını bildirmiştir.

Tablo 3.16. Dondurma örneklerinin WI değerleri

Örnekler	Beyazlık indeksi (WI)				
	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	70,49±0,09 ^{Gd}	70,71±0,13 ^{Jc}	71,21±0,12 ^{Gb}	71,75±0,16 ^{Ea}	71,67±0,14 ^{Ha}
Y	71,86±0,10 ^{Ad}	73,15±0,15 ^{Ac}	73,79±0,13 ^{Ab}	74,06±0,11 ^{Aa}	74,01±0,11 ^{Aa}
Yb	70,90±0,13 ^{Fd}	72,82±0,11 ^{Bc}	73,26±0,14 ^{Bb}	73,23±0,12 ^{Bb}	73,66±0,11 ^{Ba}
Yi	71,01±0,16 ^{EFd}	72,59±0,13 ^{Cc}	73,31±0,14 ^{Bb}	73,34±0,12 ^{Bb}	73,65±0,12 ^{Ba}
Lr	71,44±0,10 ^{Ce}	72,33±0,12 ^{EFd}	72,74±0,13 ^{CDEc}	73,32±0,15 ^{Bb}	73,48±0,13 ^{Ca}
Lrb	70,89±0,08 ^{Fe}	71,94±0,11 ^{HId}	72,15±0,11 ^{Fc}	72,86±0,16 ^{Cb}	73,23±0,14 ^{DEa}
Lri	71,14±0,08 ^{DEe}	71,83±0,13 ^{Id}	72,68±0,14 ^{DEc}	72,94±0,12 ^{Cb}	73,14±0,13 ^{Ea}
Sc	71,21±0,15 ^{Dd}	72,51±0,15 ^{CDc}	72,87±0,07 ^{Cb}	73,36±0,12 ^{Ba}	73,36±0,14 ^{CDa}
Scb	71,05±0,13 ^{DEFd}	72,28±0,10 ^{FGc}	72,65±0,07 ^{DEb}	73,26±0,20 ^{Ba}	73,31±0,14 ^{Da}
Sci	71,20±0,11 ^{Dd}	72,46±0,11 ^{CDEc}	72,77±0,05 ^{Cdb}	73,03±0,05 ^{Ca}	73,03±0,12 ^{Fa}
Wc	71,91±0,20 ^{Ac}	72,00±0,13 ^{Hc}	72,79±0,15 ^{Cdb}	73,29±0,16 ^{Ba}	73,37±0,14 ^{CDa}
Wcb	71,64±0,17 ^{Bc}	72,41±0,12 ^{DEFb}	72,61±0,12 ^{Ea}	72,69±0,18 ^{Da}	72,71±0,15 ^{Ga}
Wci	71,84±0,10 ^{Ad}	72,23±0,16 ^{Gc}	72,70±0,16 ^{DEb}	73,03±0,11 ^{Ca}	73,04±0,12 ^{Fa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

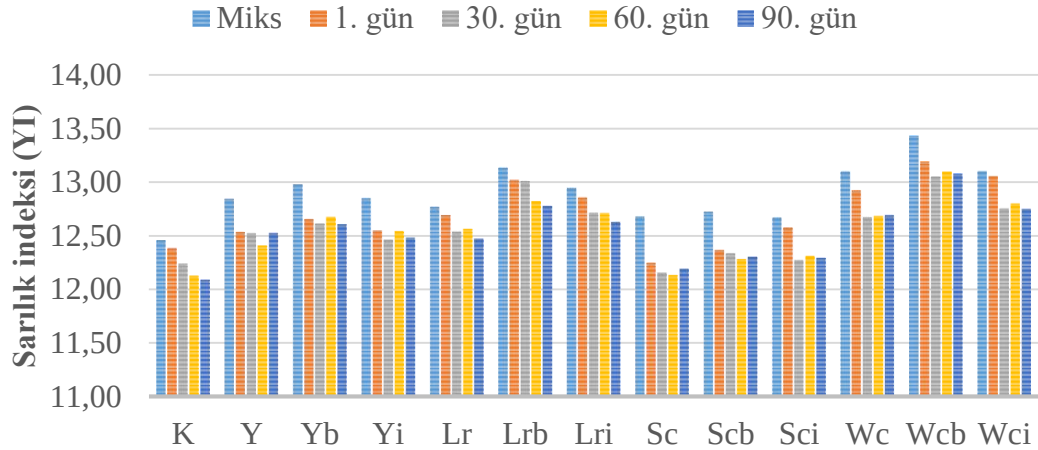
**Şekil 3.16.** Dondurma örneklerinin WI değerleri

Tablo 3.17 ve Şekil 3.17’te sarılık indeksi (yellowness index, YI) değerleri yer almaktadır. YI değerleri tüm örneklerde depolama süresince azalmıştır. *S. clausii* içeren dondurmaların YI değerleri kontrol örneğine yakın olurken diğer örneklerde daha yüksek YI değerleri görülmüştür. Yoğurt, *L. rhamnosus* ve *W. coagulans* kültürleri dondurmaların YI değerlerini artırmıştır.

Tablo 3.17. Dondurma örneklerinin YI değerleri

Örnekler	Miks	Sarılık indeksi (YI)			
		1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	12,46±0,05 ^{Ga}	12,39±0,09 ^{Ha}	12,24±0,09 ^{FGb}	12,13±0,10 ^{Hc}	12,09±0,07 ^{Hc}
Y	12,84±0,12 ^{DEa}	12,54±0,11 ^{Gb}	12,52±0,09 ^{DEb}	12,41±0,09 ^{Fc}	12,53±0,06 ^{DEb}
Yb	12,98±0,06 ^{Ca}	12,66±0,04 ^{EFb}	12,61±0,08 ^{CDb}	12,67±0,09 ^{Db}	12,61±0,05 ^{CDb}
Yi	12,85±0,07 ^{DEa}	12,55±0,06 ^{FGb}	12,46±0,08 ^{Eb}	12,54±0,07 ^{Eb}	12,48±0,06 ^{Eb}
Lr	12,77±0,07 ^{EFa}	12,69±0,07 ^{Ea}	12,54±0,06 ^{DEb}	12,56±0,08 ^{Eb}	12,47±0,08 ^{Eb}
Lrb	13,13±0,09 ^{Ba}	13,02±0,07 ^{BCb}	13,01±0,07 ^{Ab}	12,82±0,08 ^{Bc}	12,78±0,09 ^{Bc}
Lri	12,94±0,08 ^{CDa}	12,86±0,08 ^{Da}	12,71±0,09 ^{BCb}	12,71±0,06 ^{CDb}	12,63±0,07 ^{CDb}
Sc	12,68±0,11 ^{Fa}	12,25±0,08 ^{Ib}	12,16±0,09 ^{Gb}	12,13±0,08 ^{Hb}	12,19±0,10 ^{Gb}
Scb	12,72±0,10 ^{Fa}	12,37±0,09 ^{Hb}	12,34±0,12 ^{Fb}	12,28±0,08 ^{Gb}	12,31±0,10 ^{Fb}
Sci	12,67±0,12 ^{Fa}	12,58±0,12 ^{FGa}	12,27±0,11 ^{Fb}	12,31±0,09 ^{FGb}	12,29±0,09 ^{Fb}
Wc	13,10±0,08 ^{Ba}	12,92±0,11 ^{CDb}	12,67±0,09 ^{BCc}	12,68±0,13 ^{Dc}	12,69±0,08 ^{BCc}
Wcb	13,43±0,09 ^{Aa}	13,19±0,14 ^{Ab}	13,05±0,11 ^{Ab}	13,09±0,12 ^{Ab}	13,08±0,11 ^{Ab}
Wci	13,10±0,11 ^{Ba}	13,05±0,09 ^{Ba}	12,75±0,13 ^{Bb}	12,80±0,10 ^{BCb}	12,75±0,12 ^{Bb}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

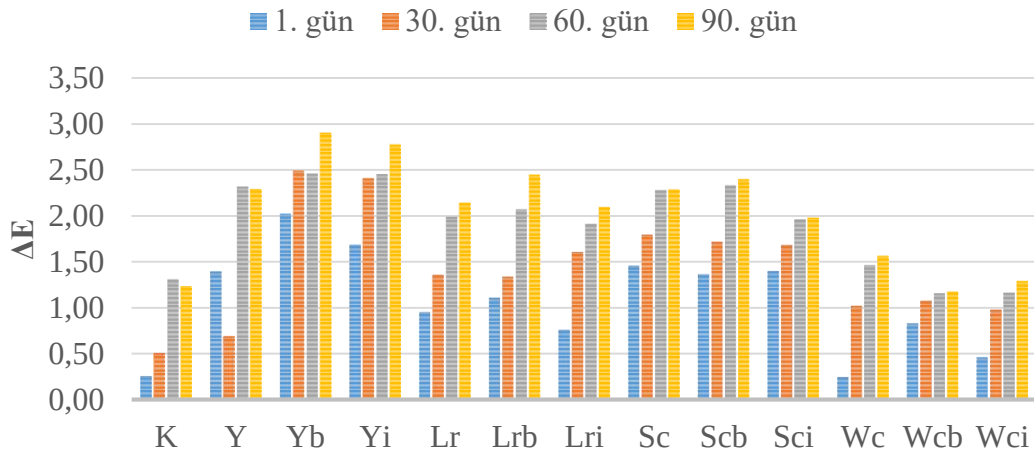
**Şekil 3.17.** Dondurma örneklerinin YI değerleri

Renk değişimi (ΔE) değerlerinin hesaplanmasında miks hâldeki dondurmaların değerleri referans olarak alınarak depolama süresi boyunca dondurma örneklerinde toplam renk değişimleri incelenmiştir (Tablo 3.18 ve Şekil 3.18). Depolama süresi boyunca en yüksek ΔE değerleri yoğurt dondurmalarına ait olurken kontrol dondurması ve *W. coagulans* içeren dondurmalarda en düşük ΔE değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 3.18. Dondurma örneklerinin renk değişimi (ΔE) değerleri

Örnekler	Delta E (ΔE)			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	0,26±0,10 ^{Fc}	0,51±0,16 ^{Eb}	1,31±0,11 ^{DEa}	1,23±0,12 ^{Fa}
Y	1,39±0,17 ^{Cb}	0,69±0,12 ^{Ea}	2,32±0,12 ^{Aa}	2,29±0,18 ^{BCa}
Yb	2,02±0,18 ^{Ac}	2,49±0,12 ^{Ab}	2,46±0,22 ^{Ab}	2,90±0,11 ^{Aa}
Yi	1,68±0,18 ^{Bc}	2,41±0,21 ^{Ab}	2,45±0,12 ^{Ab}	2,77±0,26 ^{Aa}
Lr	0,95±0,21 ^{DEc}	1,36±0,13 ^{Cb}	1,99±0,16 ^{Ca}	2,14±0,21 ^{CDa}
Lrb	1,11±0,13 ^{Dd}	1,34±0,15 ^{Cc}	2,07±0,18 ^{BCb}	2,44±0,16 ^{Ba}
Lri	0,76±0,12 ^{Ed}	1,60±0,17 ^{Bc}	1,91±0,12 ^{Cb}	2,09±0,11 ^{CDa}
Sc	1,45±0,20 ^{Cc}	1,79±0,16 ^{Bb}	2,28±0,20 ^{ABa}	2,29±0,24 ^{BCa}
Scb	1,36±0,21 ^{Cc}	1,72±0,11 ^{Bb}	2,33±0,26 ^{Aa}	2,40±0,11 ^{Ba}
Sci	1,40±0,22 ^{Cc}	1,68±0,13 ^{Bb}	1,96±0,17 ^{Ca}	1,98±0,20 ^{Da}
Wc	0,25±0,12 ^{Fc}	1,02±0,28 ^{Db}	1,46±0,31 ^{Da}	1,56±0,22 ^{Ea}
Wcb	0,83±0,26 ^{Eb}	1,08±0,22 ^{Dab}	1,16±0,27 ^{Ea}	1,17±0,18 ^{Fa}
Wci	0,46±0,13 ^{Fc}	0,98±0,15 ^{Db}	1,16±0,22 ^{Eab}	1,29±0,15 ^{Fa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.18.** Dondurma örneklerinin delta E (ΔE) değerleri

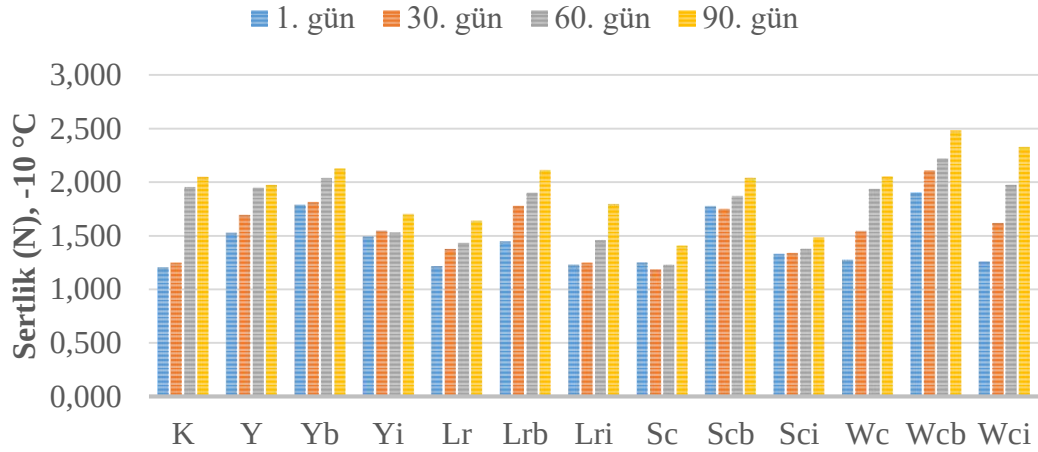
3.4.5. Tekstürel özellikler

Dondurmaların -10 °C’de ölçülen sertlik değerleri Tablo 3.19 ve Şekil 3.19’da, 5 °C’de ölçülen sertlik değerleri ise Tablo 3.20 ve Şekil 3.20’de yer almaktadır. Dondurmalarda yoğurt kültürü ve buğday lifi ilavesi sertlik değerlerini artırırken, probiyotik kültür (*L. rhamnosus*) azaltıcı etki yapmış, inülinin ise etkisi olmamıştır. Dondurmaların sertliği genellikle depolama sırasında artmıştır. Benzer şekilde, Akalın ve ark. (2018), diyet lifli ve lifsiz dondurmaların sertlik değerlerinin genellikle depolama sırasında arttığını tespit etmişlerdir.

Tablo 3.19. Dondurma örneklerinin sertlik değerleri

Örnekler	Sertlik (N), -10 °C			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	1,202±0,113 ^{Eb}	1,248±0,115 ^{Eb}	1,952±0,114 ^{Ba}	2,049±0,131 ^{Ca}
Y	1,526±0,099 ^{Bc}	1,694±0,122 ^{BCb}	1,948±0,158 ^{Ba}	1,973±0,149 ^{CDa}
Yb	1,784±0,171 ^{Ac}	1,813±0,173 ^{Bbc}	2,036±0,193 ^{ABab}	2,125±0,223 ^{BCa}
Yi	1,491±0,155 ^{BCa}	1,548±0,160 ^{CDa}	1,528±0,159 ^{Ca}	1,701±0,178 ^{EFa}
Lr	1,216±0,110 ^{Ec}	1,375±0,141 ^{DEbc}	1,432±0,141 ^{CDb}	1,638±0,220 ^{EFGa}
Lrb	1,444±0,122 ^{BCDa}	1,778±0,179 ^{Bb}	1,899±0,195 ^{Bab}	2,112±0,281 ^{BCa}
Lri	1,226±0,088 ^{Ec}	1,248±0,113 ^{Ec}	1,457±0,147 ^{CDb}	1,798±0,207 ^{DEa}
Sc	1,247±0,109 ^{Eab}	1,185±0,140 ^{Eb}	1,230±0,143 ^{Dab}	1,405±0,175 ^{Ga}
Scb	1,771±0,201 ^{Ab}	1,751±0,164 ^{Bb}	1,869±0,215 ^{Bab}	2,041±0,252 ^{Ca}
Sci	1,328±0,103 ^{CDEa}	1,337±0,114 ^{Ea}	1,376±0,126 ^{CDa}	1,483±0,160 ^{FGa}
Wc	1,273±0,179 ^{DEc}	1,544±0,156 ^{CDb}	1,934±0,163 ^{Ba}	2,051±0,148 ^{Ca}
Wcb	1,898±0,247 ^{Ac}	2,109±0,271 ^{Abc}	2,220±0,302 ^{Aab}	2,481±0,163 ^{Aa}
Wci	1,256±0,132 ^{Ed}	1,618±0,161 ^{BCc}	1,973±0,284 ^{Bb}	2,325±0,183 ^{ABa}

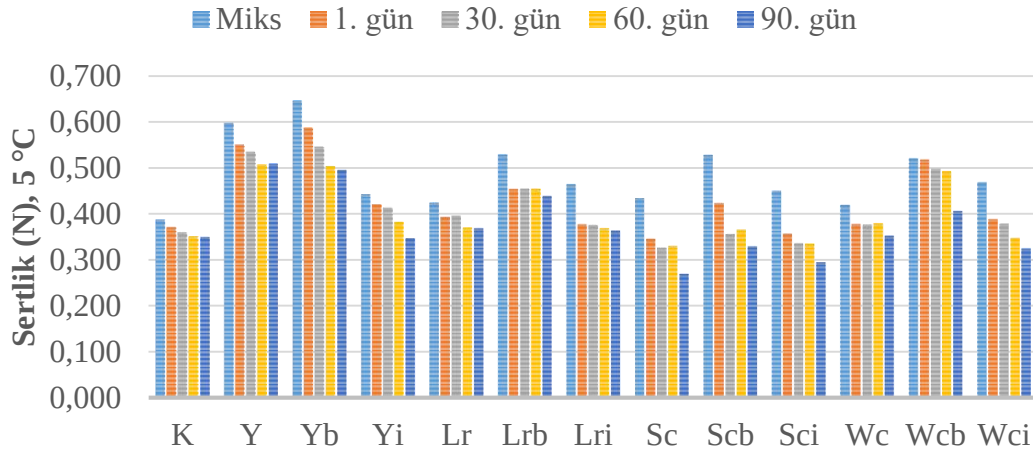
Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.19.** Dondurma örneklerinin sertlik değerleri

Tablo 3.20. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin sertlik değerleri

Örnekler	Sertlik (N), 5 °C				
	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	0,388±0,024 ^{Ea}	0,370±0,023 ^{EFab}	0,359±0,023 ^{EFgab}	0,352±0,026 ^{CDEb}	0,349±0,022 ^{DEFb}
Y	0,598±0,048 ^{Ba}	0,550±0,038 ^{Bab}	0,534±0,042 ^{Ab}	0,508±0,039 ^{Ab}	0,509±0,035 ^{Ab}
Yb	0,647±0,054 ^{Aa}	0,586±0,043 ^{Ab}	0,545±0,039 ^{Abc}	0,504±0,036 ^{Ac}	0,495±0,030 ^{Ac}
Yi	0,443±0,047 ^{Da}	0,420±0,028 ^{CDab}	0,413±0,029 ^{Dab}	0,383±0,025 ^{Cbc}	0,347±0,027 ^{DEFc}
Lr	0,425±0,042 ^{DEa}	0,392±0,028 ^{DEab}	0,396±0,029 ^{DEab}	0,370±0,025 ^{Cb}	0,368±0,026 ^{Db}
Lrb	0,529±0,043 ^{Ca}	0,453±0,035 ^{Cb}	0,454±0,037 ^{Cb}	0,455±0,028 ^{Bb}	0,438±0,037 ^{Bb}
Lri	0,464±0,036 ^{Da}	0,377±0,029 ^{EFb}	0,375±0,024 ^{DEFb}	0,369±0,026 ^{CDb}	0,363±0,027 ^{DEb}
Sc	0,434±0,029 ^{DEa}	0,345±0,025 ^{Fb}	0,325±0,023 ^{Gb}	0,330±0,023 ^{Eb}	0,269±0,023 ^{Hc}
Scb	0,528±0,049 ^{Ca}	0,423±0,033 ^{CDb}	0,356±0,017 ^{FGc}	0,366±0,021 ^{CDc}	0,329±0,031 ^{EFc}
Sci	0,450±0,030 ^{Da}	0,357±0,025 ^{EFb}	0,335±0,028 ^{Gb}	0,335±0,019 ^{DEb}	0,295±0,028 ^{GHc}
Wc	0,419±0,036 ^{DEa}	0,377±0,021 ^{EFb}	0,376±0,020 ^{DEFb}	0,379±0,022 ^{Cb}	0,352±0,017 ^{DEFb}
Wcb	0,521±0,044 ^{Ca}	0,518±0,031 ^{Ba}	0,497±0,037 ^{Ba}	0,493±0,030 ^{Aa}	0,405±0,028 ^{Cb}
Wci	0,469±0,043 ^{Da}	0,387±0,032 ^{DEb}	0,378±0,036 ^{DEFbc}	0,348±0,022 ^{CDEcd}	0,324±0,017 ^{FGd}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

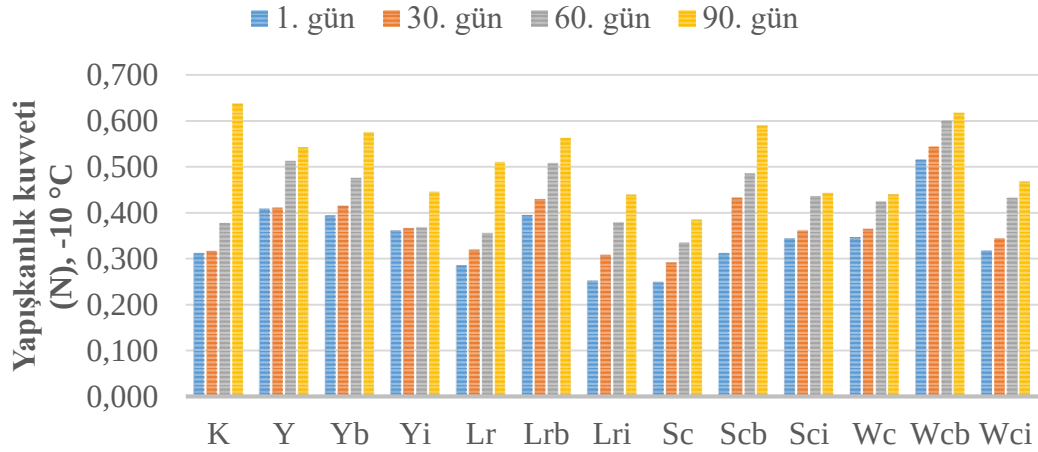
**Şekil 3.20.** Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin sertlik değerleri

Dondurmaların -10 °C’de ölçülen yapışkanlık kuvveti değerleri Tablo 3.21 ve Şekil 3.21’da, 5 °C’de ölçülen yapışkanlık kuvveti değerleri ise Tablo 3.22 ve Şekil 3.22’da yer almaktadır. Örneklerin -10 °C’deki yapışkanlık kuvveti değerleri depolama boyunca artmıştır, 5 °C’deki yapışkanlık kuvveti değerleri kontrol örneğinde depolama süresi boyunca artış eğilimi gösterirken diğer örneklerde genellikle azalmıştır.

Tablo 3.21. Dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri

Örnekler	Yapışkanlık Kuvveti (N), -10 °C			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	0,312±0,033 ^{DEc}	0,317±0,038 ^{DEc}	0,378±0,042 ^{DEFb}	0,639±0,073 ^{Aa}
Y	0,409±0,041 ^{Bb}	0,411±0,047 ^{BCb}	0,513±0,059 ^{Ba}	0,543±0,050 ^{CDa}
Yb	0,394±0,048 ^{BCc}	0,415±0,037 ^{BCb}	0,476±0,047 ^{BCb}	0,575±0,071 ^{ABCDa}
Yi	0,361±0,036 ^{BCDb}	0,366±0,040 ^{CDb}	0,368±0,031 ^{EFb}	0,446±0,055 ^{EFa}
Lr	0,286±0,031 ^{EFc}	0,320±0,031 ^{DEbc}	0,356±0,030 ^{Fb}	0,511±0,050 ^{DEa}
Lrb	0,395±0,046 ^{BCb}	0,430±0,052 ^{Bb}	0,508±0,049 ^{Ba}	0,563±0,053 ^{BCDa}
Lri	0,252±0,024 ^{Fd}	0,309±0,030 ^{DEc}	0,379±0,042 ^{DEFb}	0,440±0,041 ^{EFa}
Sc	0,249±0,033 ^{Fc}	0,292±0,046 ^{Ebc}	0,335±0,036 ^{Fb}	0,385±0,042 ^{Fa}
Scb	0,312±0,038 ^{DEc}	0,433±0,037 ^{Bb}	0,486±0,057 ^{BCb}	0,590±0,068 ^{ABCa}
Sci	0,344±0,043 ^{CDb}	0,362±0,052 ^{CDb}	0,436±0,060 ^{CDa}	0,443±0,054 ^{EFa}
Wc	0,347±0,042 ^{CDb}	0,365±0,057 ^{CDb}	0,425±0,052 ^{CDEa}	0,441±0,040 ^{EFa}
Wcb	0,516±0,070 ^{Ab}	0,545±0,059 ^{Aab}	0,601±0,071 ^{Aa}	0,618±0,067 ^{ABa}
Wci	0,317±0,029 ^{DEb}	0,344±0,039 ^{DEb}	0,433±0,041 ^{CDa}	0,468±0,061 ^{Ea}

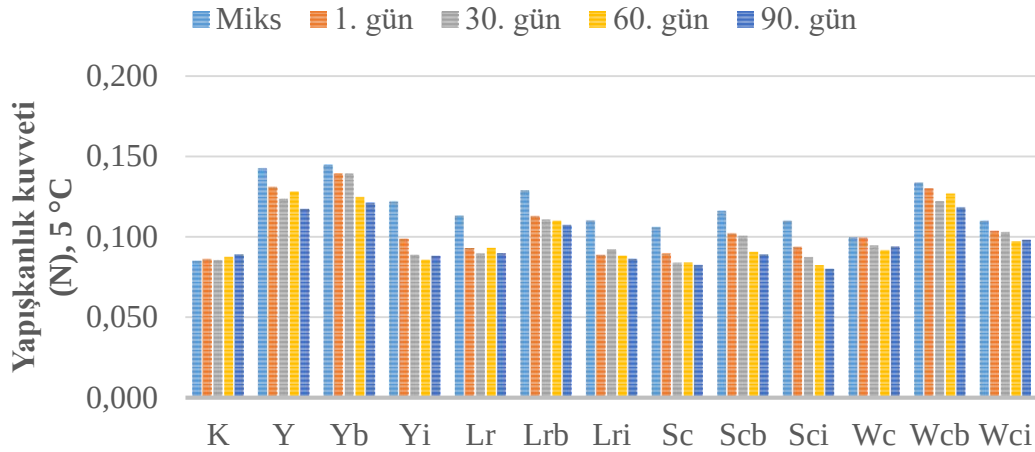
Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.21.** Dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri

Tablo 3.22. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri

Örnekler	Miks	Yapışkanlık Kuvveti (N), 5 °C			
		1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	0,085±0,006 ^{Ha}	0,086±0,004 ^{Fa}	0,086±0,005 ^{FGa}	0,087±0,004 ^{DEFa}	0,089±0,007 ^{DEa}
Y	0,142±0,008 ^{ABa}	0,131±0,008 ^{Ab}	0,124±0,006 ^{Bbc}	0,128±0,006 ^{Ab}	0,117±0,007 ^{Ac}
Yb	0,145±0,008 ^{Aa}	0,139±0,010 ^{Aa}	0,140±0,010 ^{Aa}	0,125±0,008 ^{Ab}	0,121±0,009 ^{Ab}
Yi	0,122±0,011 ^{DEa}	0,099±0,005 ^{CDEb}	0,089±0,007 ^{FGc}	0,086±0,004 ^{DEFc}	0,088±0,006 ^{DEFc}
Lr	0,113±0,009 ^{EFa}	0,093±0,008 ^{DEfb}	0,090±0,007 ^{FGb}	0,093±0,006 ^{CDb}	0,090±0,007 ^{DEb}
Lrb	0,129±0,010 ^{CDa}	0,113±0,009 ^{Bb}	0,111±0,008 ^{Cb}	0,110±0,005 ^{Bb}	0,107±0,006 ^{Bb}
Lri	0,110±0,006 ^{FGa}	0,089±0,007 ^{Fb}	0,092±0,005 ^{EFGb}	0,088±0,006 ^{DEfb}	0,086±0,006 ^{DEfb}
Sc	0,106±0,006 ^{FGa}	0,090±0,005 ^{EFb}	0,084±0,007 ^{Gbc}	0,084±0,005 ^{EFbc}	0,082±0,006 ^{EFc}
Scb	0,116±0,011 ^{EFa}	0,102±0,007 ^{CDb}	0,101±0,010 ^{DEb}	0,091±0,006 ^{CDEc}	0,089±0,005 ^{DEc}
Sci	0,110±0,010 ^{FGa}	0,094±0,009 ^{DEfb}	0,087±0,008 ^{FGbc}	0,082±0,006 ^{Fc}	0,080±0,004 ^{Fc}
Wc	0,100±0,009 ^{Ga}	0,100±0,010 ^{CDa}	0,095±0,004 ^{DEFa}	0,091±0,007 ^{CDEa}	0,094±0,007 ^{CDa}
Wcb	0,133±0,010 ^{Ba}	0,130±0,009 ^{Aab}	0,122±0,008 ^{Bbc}	0,127±0,008 ^{Aabc}	0,118±0,004 ^{Ac}
Wci	0,110±0,006 ^{FGa}	0,104±0,005 ^{Cab}	0,103±0,010 ^{CDab}	0,097±0,003 ^{Cb}	0,098±0,009 ^{Cb}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.22.** Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık kuvveti değerleri

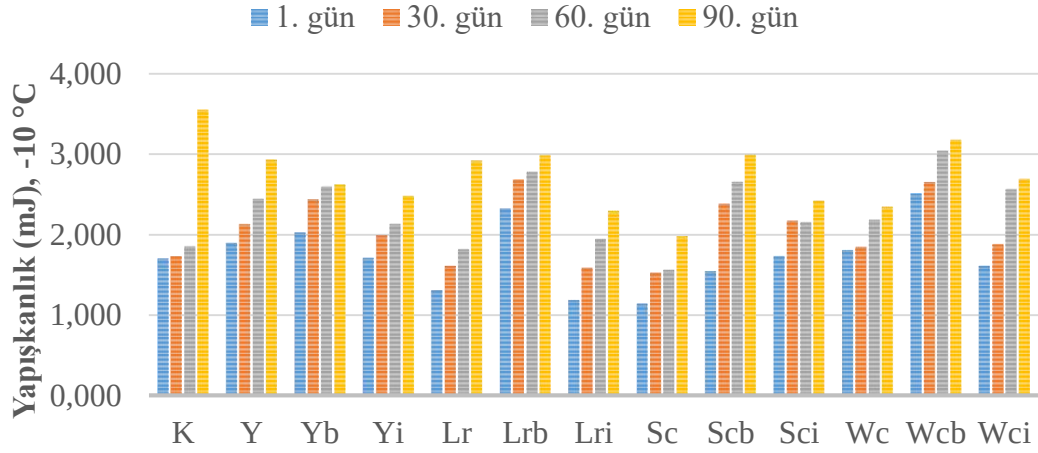
Dondurmaların -10 °C’de ölçülen yapışkanlık değerleri Tablo 3.23 ve Şekil 3.23’de, 5 °C’de ölçülen yapışkanlık değerleri ise Tablo 3.24 ve Şekil 3.24’te yer almaktadır. Örneklerde depolama süresi boyunca -10 °C’de ve 5 °C’de ölçülen yapışkanlık değerleri sırasıyla artış ve azalış göstermişlerdir. Depolama süresinin artması ile dış yapışkanlık değerlerinin artması dondurmada zamanla buz kristallerinin oluşumunun artması ve dondurmanın tekstür yapısının değişmesi ile ilişkilendirilmiştir (Bahramparvar ve ark., 2013). Azari-Anpar ve ark. (2017) dondurmada stabilizatör ilavesiyle yapışkanlığın arttığını öne sürmüştür. Örnek reçetelerinde sabit stabilizatör oranı kullanıldığı için çalışmamızda yapışkanlık değerlerindeki farklılık üzerinde farklı faktörler etkili olmuştur. Akbari ve ark. (2016) düşük yağlı dondurmaya inülin

ilavesiyle donma noktasının düştüğünü, dondurmada buz kristallerinin azaldığını, bu yüzden yapışkanlık değerlerinin düştüğünü bildirmiştir. Örneklerimizde benzer şekilde inülin ilavesiyle -10 °C’de ölçülen yapışkanlık değerlerinde inülin ilavesiz örneklere göre bir miktar düşüş gözlenmiştir.

Tablo 3.23. Dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri

Örnekler	Yapışkanlık (mJ), -10 °C			
	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	1,703±0,192 ^{CDEb}	1,733±0,165 ^{FGHb}	1,850±0,154 ^{FGHb}	3,547±0,302 ^{Aa}
Y	1,900±0,223 ^{BCc}	2,128±0,192 ^{DEc}	2,442±0,218 ^{CDb}	2,930±0,319 ^{BCDa}
Yb	2,027±0,233 ^{Bb}	2,437±0,278 ^{ABa}	2,592±0,287 ^{BCa}	2,620±0,262 ^{DEFa}
Yi	1,712±0,196 ^{CDEc}	1,988±0,162 ^{DEFb}	2,130±0,253 ^{EFb}	2,480±0,235 ^{EFa}
Lr	1,310±0,180 ^{Fc}	1,610±0,168 ^{GHb}	1,815±0,149 ^{GHb}	2,917±0,249 ^{BCDa}
Lrb	2,327±0,212 ^{Ab}	2,683±0,218 ^{Aa}	2,773±0,239 ^{ABa}	2,982±0,289 ^{BCa}
Lri	1,187±0,127 ^{Fd}	1,590±0,128 ^{GHc}	1,943±0,187 ^{EFGb}	2,292±0,199 ^{FGa}
Sc	1,142±0,125 ^{Fc}	1,530±0,155 ^{Hb}	1,560±0,190 ^{Hb}	1,980±0,228 ^{Ga}
Scb	1,550±0,167 ^{Ec}	2,385±0,208 ^{BCb}	2,653±0,271 ^{BCb}	2,987±0,347 ^{BCa}
Sci	1,732±0,183 ^{CDEb}	2,172±0,227 ^{CDa}	2,148±0,252 ^{EFa}	2,420±0,227 ^{EFa}
Wc	1,807±0,163 ^{BCDb}	1,847±0,217 ^{FGb}	2,180±0,255 ^{DEa}	2,347±0,264 ^{EFa}
Wcb	2,513±0,275 ^{Ac}	2,652±0,299 ^{Abc}	3,037±0,364 ^{Aab}	3,172±0,383 ^{Ba}
Wci	1,610±0,147 ^{DEc}	1,878±0,221 ^{EFb}	2,562±0,208 ^{BCa}	2,687±0,282 ^{CDEa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

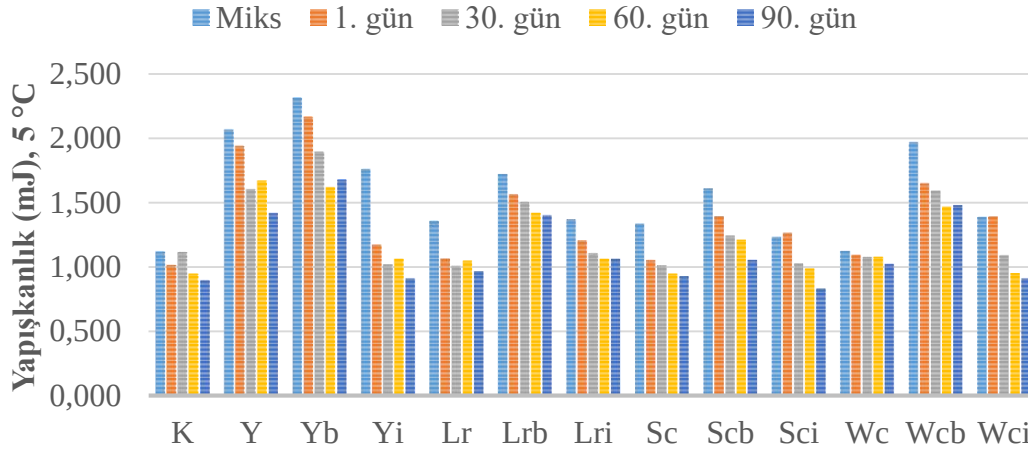


Şekil 3.23. Dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri

Tablo 3.24. Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri

Örnekler	Yapışkanlık (mJ), -10 °C				
	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	1,118±0,124 ^{Ea}	1,015±0,115 ^{Gab}	1,117±0,119 ^{CDa}	0,948±0,101 ^{Db}	0,895±0,094 ^{DEb}
Y	2,068±0,204 ^{Ba}	1,938±0,202 ^{Ba}	1,603±0,174 ^{Bbc}	1,672±0,166 ^{Ab}	1,418±0,172 ^{Bc}
Yb	2,317±0,226 ^{Aa}	2,165±0,251 ^{Aa}	1,897±0,176 ^{Ab}	1,618±0,199 ^{Ac}	1,678±0,196 ^{Abc}
Yi	1,762±0,233 ^{Ca}	1,172±0,128 ^{FGb}	1,020±0,115 ^{Dbc}	1,063±0,113 ^{Dbc}	0,910±0,089 ^{CDEc}
Lr	1,358±0,171 ^{Da}	1,063±0,105 ^{Gb}	1,008±0,096 ^{Db}	1,048±0,112 ^{Db}	0,968±0,098 ^{CDEb}
Lrb	1,722±0,204 ^{Ca}	1,563±0,142 ^{CDab}	1,505±0,152 ^{Bb}	1,420±0,147 ^{Bb}	1,400±0,137 ^{Bb}
Lri	1,370±0,161 ^{Da}	1,203±0,134 ^{FGb}	1,107±0,107 ^{CDb}	1,065±0,086 ^{Db}	1,063±0,110 ^{Cb}
Sc	1,335±0,121 ^{Da}	1,052±0,096 ^{Gb}	1,012±0,076 ^{Dbc}	0,948±0,082 ^{Dbc}	0,927±0,042 ^{CDEc}
Scb	1,610±0,158 ^{Ca}	1,393±0,110 ^{DEb}	1,243±0,113 ^{Cc}	1,212±0,100 ^{Cc}	1,055±0,080 ^{Cd}
Sci	1,233±0,097 ^{DEa}	1,263±0,082 ^{Ea}	1,027±0,096 ^{Db}	0,987±0,090 ^{Db}	0,833±0,099 ^{Ec}
Wc	1,123±0,123 ^{Ea}	1,092±0,101 ^{FGa}	1,077±0,113 ^{Da}	1,078±0,096 ^{CDa}	1,022±0,102 ^{CDa}
Wcb	1,972±0,145 ^{Ba}	1,647±0,197 ^{Cb}	1,593±0,158 ^{Bb}	1,467±0,094 ^{Bb}	1,480±0,138 ^{Bb}
Wci	1,388±0,136 ^{Da}	1,392±0,165 ^{DEa}	1,088±0,058 ^{CDb}	0,952±0,083 ^{Dbc}	0,910±0,100 ^{CDEc}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.24.** Miks ve eritilmiş dondurma örneklerinin yapışkanlık değerleri

3.4.6. Yağ destabilizasyonu

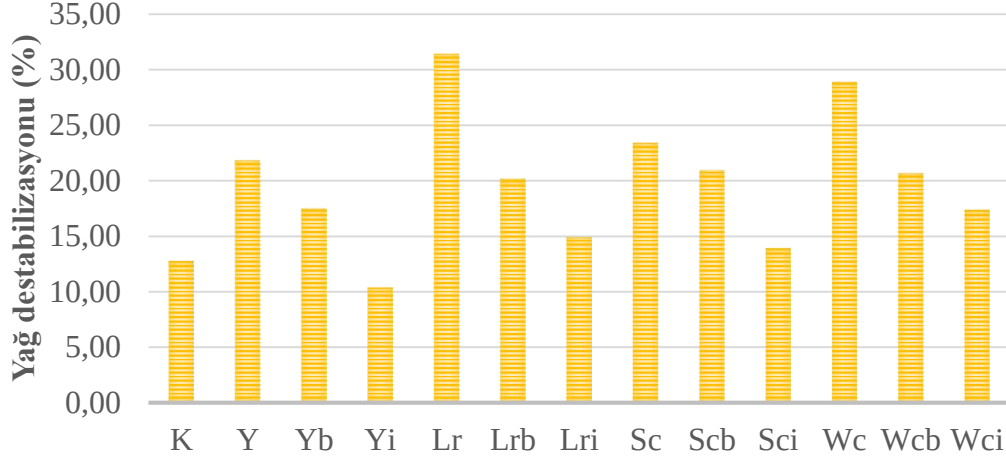
Dondurmaların yağ destabilizasyonu oranları % olarak Tablo 3.25 ve Şekil 3.25'te gösterilmiştir. Kültür ilaveli lifsiz dondurmelerde yağ destabilizasyonu diğer dondurmalarla göre daha yüksek bulunmuştur. Diyet liflerin eklenmesi, dondurmaların yağ destabilizasyonunu azaltmıştır. Ağızda erime süresi duyuşal değerlendirmeye göre 'ortalama' olarak bulunmuştur. Bu durumda yağ destabilizasyon değerlerinin erime özellikleri açısından yeterli olduğu sonucuna varılabilir. Dondurmalar, düşük yağ destabilizasyonu değerlerine sahip olmalarına rağmen duyuşal açıdan beğenilen bir erime özelliği göstermişlerdir. Çırpma ve dondurma işlemleri, karışımdaki yağın bir kısmını yapısal bütünlük sağlayan üç boyutlu bir kümelenmiş yağ yapısına dönüştürür;

bu işlem, yağ destabilizasyonu olarak bilinir. Yetersiz destabilizasyon, zayıf şekil muhafazasına ve hızlı erimeye yol açarken, çok fazla destabilizasyon, dondurma ve donma sırasında erimeyen görünür yağ granüllerinin oluşmasına neden olabilir (Goff ve Hartel 2013). Bolliger ve ark. (2000a,b), daha düşük oranda destabilize yağ içeren dondurmaların daha hızlı erime oranlarına sahip olduğunu bulmuşlardır. Kararsız hale gelen yağın büyük bir kısmı buz eridiğinde serum fazın akışına karşı direnci arttırdığı için daha yavaş erimeye neden olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Bolliger ve ark., 2000a,b). Ayrıca yağ destabilizasyonu arttıkça dondurmalarda sertliğin artmasının da erime süresini uzatabileceği ön görülebilir (Muse ve Hartel, 2004).

Tablo 3.25. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri

Örnekler	Yağ Destabilizasyonu (%)
K	12,76±0,55 ^H
Y	21,81±0,85 ^D
Yb	17,49±0,48 ^F
Yi	10,39±0,55 ^I
Lr	31,43±1,17 ^A
Lrb	20,19±0,87 ^E
Lri	14,89±0,47 ^G
Sc	23,40±0,58 ^C
Scb	20,93±1,00 ^{DE}
Sci	13,92±1,28 ^G
Wc	28,88±0,90 ^B
Wcb	20,66±1,10 ^E
Wci	17,37±1,11 ^F

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



Şekil 3.25. Dondurma örneklerinin yağ destabilizasyonu değerleri

3.5. Kimyasal Özellikler

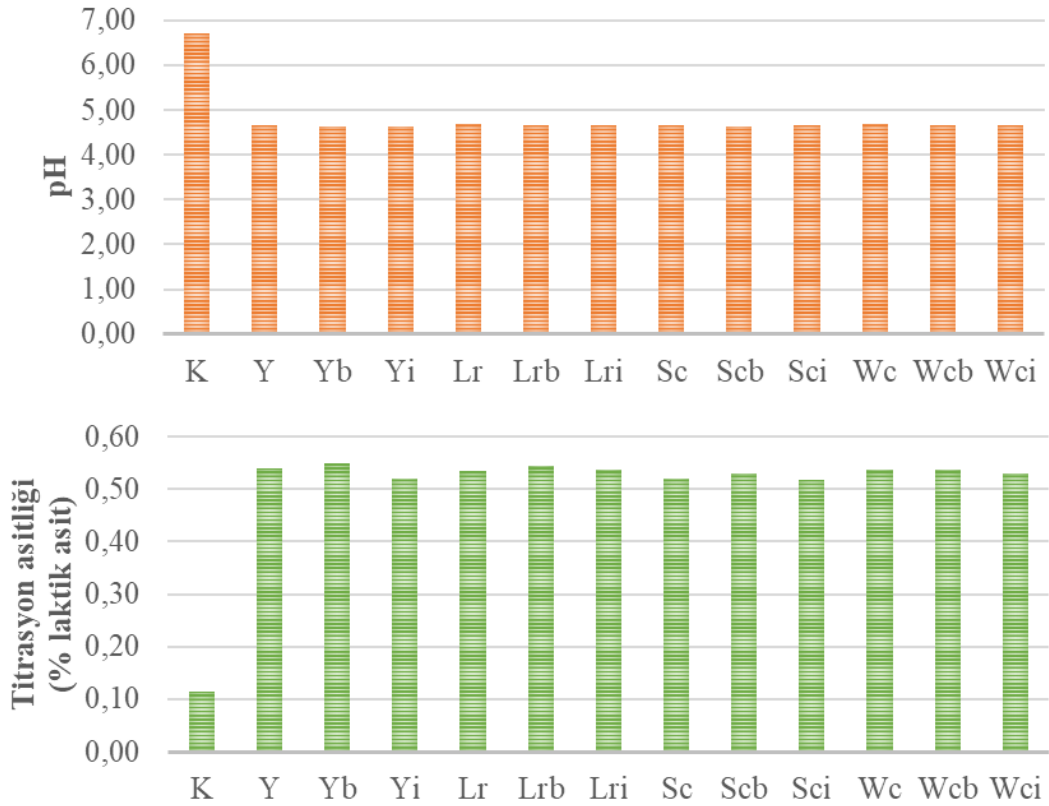
3.5.1. pH ve asitlik (%)

İnkübasyonun tamamlanması için pH değeri esas alındığından fermente sütler arasında pH ve % laktik asit oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Fermente sütlerin ortalama pH ve titrasyon asitlik değerleri sırasıyla 4,66 ve %0,54 olmuştur. Kontrol dondurması fermente süt yerine UHT süt kullanılarak üretilmiştir. Sütün pH ve titrasyon asitliği değerleri sırasıyla 6,71 ve %0,12'dir (Tablo 3.26 ve Şekil 3.26).

Tablo 3.26. Fermente süt örneklerinin pH ve asitlik değerleri

Örnekler	pH	Titrasyon Asitliği (%Laktik asit)
K	6,71±0,05 ^A	0,12±0,01 ^B
Y	4,67±0,04 ^B	0,54±0,02 ^A
Yb	4,63±0,03 ^B	0,55±0,03 ^A
Yi	4,64±0,07 ^B	0,52±0,03 ^A
Lr	4,68±0,03 ^B	0,54±0,02 ^A
Lrb	4,67±0,06 ^B	0,55±0,02 ^A
Lri	4,65±0,06 ^B	0,54±0,03 ^A
Sc	4,67±0,03 ^B	0,52±0,02 ^A
Scb	4,63±0,03 ^B	0,53±0,03 ^A
Sci	4,65±0,04 ^B	0,52±0,04 ^A
Wc	4,68±0,03 ^B	0,54±0,03 ^A
Wcb	4,65±0,04 ^B	0,54±0,02 ^A
Wci	4,66±0,03 ^B	0,53±0,02 ^A

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: L. rhamnosus kültürü içeren örnek, Lrb: L. rhamnosus kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: L. rhamnosus kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: S. clausii kültürü içeren örnek, Scb: S. clausii kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: S. clausii kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: W. coagulans kültürü içeren örnek, Wcb: W. coagulans kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: W. coagulans kültürü ve inülin içeren örnek.

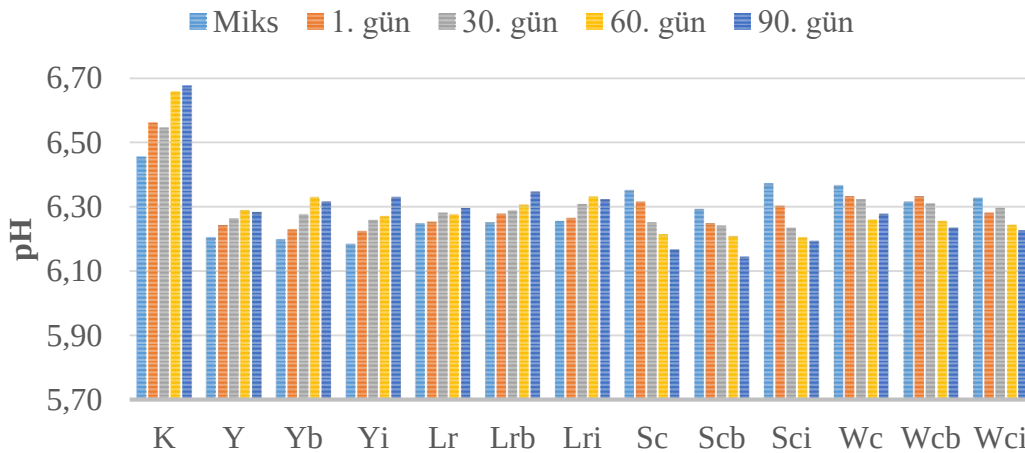
**Şekil 3.26.** Fermente süt örneklerinin pH ve asitlik değerleri

Fermente süt ilave edilen mikslerin pH değerleri 6,19-6,28 arasında iken, kontrol dondurmasının pH'sı 6.46 olarak kaydedilmiştir. Yoğurt kültürü ilaveli mikslerinin pH'sı (6,19-6,21), probiyotik kültür ilaveli mikslerin pH'sından (6,25-6,37) daha düşük olmuştur ($P<0,05$). Depolama süresince kontrol örneği, yoğurt dondurmaları ve *L. rhamnosus* ilaveli dondurmalarda pH yükselmiş laktik asit oranı bir miktar azalmıştır. *S. clausii* ve *W. coagulans* içeren dondurmalarda ise depolama süresince pH düşerek laktik asit oranı artmıştır (Tablo 3.27, 3.28 ve Şekil 3.27, 3.28). Akalın ve ark. (2018), probiyotik dondurmalarındaki laktik asit miktarının 180 günlük depolama süresince hafif bir artış göstermesine rağmen yakın değerlerde kaldığını ve depolamanın 1. günü ile 90. günü arasında fark olmadığını bildirmiştir.

Tablo 3.27. Dondurma örneklerinin pH değerleri

Örnekler	Miks	pH			
		1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	6,46±0,02 ^{Ac}	6,56±0,02 ^{Ab}	6,55±0,02 ^{Ab}	6,66±0,02 ^{Aa}	6,68±0,02 ^{Aa}
Y	6,21±0,02 ^{Gc}	6,24±0,02 ^{Efb}	6,26±0,02 ^{EFghab}	6,29±0,03 ^{CDa}	6,28±0,03 ^{Da}
Yb	6,20±0,02 ^{Gd}	6,23±0,02 ^{Fc}	6,28±0,02 ^{DEFGb}	6,33±0,03 ^{Ba}	6,32±0,02 ^{BCa}
Yi	6,19±0,03 ^{Gd}	6,23±0,03 ^{Fc}	6,26±0,03 ^{FGHb}	6,27±0,02 ^{DEb}	6,33±0,03 ^{Ba}
Lr	6,25±0,01 ^{Fb}	6,25±0,03 ^{DEFb}	6,28±0,02 ^{CDEFab}	6,28±0,03 ^{CDEab}	6,30±0,03 ^{CDa}
Lrb	6,25±0,03 ^{Fc}	6,28±0,02 ^{CDbc}	6,29±0,02 ^{CDEb}	6,31±0,04 ^{BCb}	6,35±0,03 ^{Ba}
Lri	6,26±0,02 ^{Fb}	6,27±0,02 ^{DEb}	6,31±0,02 ^{BCa}	6,33±0,03 ^{Ba}	6,32±0,03 ^{BCa}
Sc	6,35±0,03 ^{BCa}	6,32±0,03 ^{Ba}	6,25±0,03 ^{GHb}	6,22±0,03 ^{FGc}	6,17±0,03 ^{FGd}
Scb	6,29±0,02 ^{Ea}	6,25±0,02 ^{DEFb}	6,24±0,02 ^{Hb}	6,21±0,02 ^{FGc}	6,15±0,02 ^{Gd}
Sci	6,37±0,03 ^{Ba}	6,30±0,03 ^{BCb}	6,24±0,02 ^{Hc}	6,21±0,03 ^{Gd}	6,19±0,02 ^{Fd}
Wc	6,37±0,02 ^{Ba}	6,33±0,03 ^{Bb}	6,32±0,02 ^{Bb}	6,26±0,03 ^{DEc}	6,28±0,03 ^{Dc}
Wcb	6,32±0,03 ^{DEa}	6,33±0,02 ^{Ba}	6,31±0,02 ^{BCa}	6,26±0,03 ^{DEb}	6,24±0,03 ^{Eb}
Wci	6,33±0,02 ^{CDa}	6,28±0,02 ^{CDb}	6,30±0,03 ^{BCDab}	6,24±0,03 ^{EFc}	6,23±0,03 ^{Ec}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

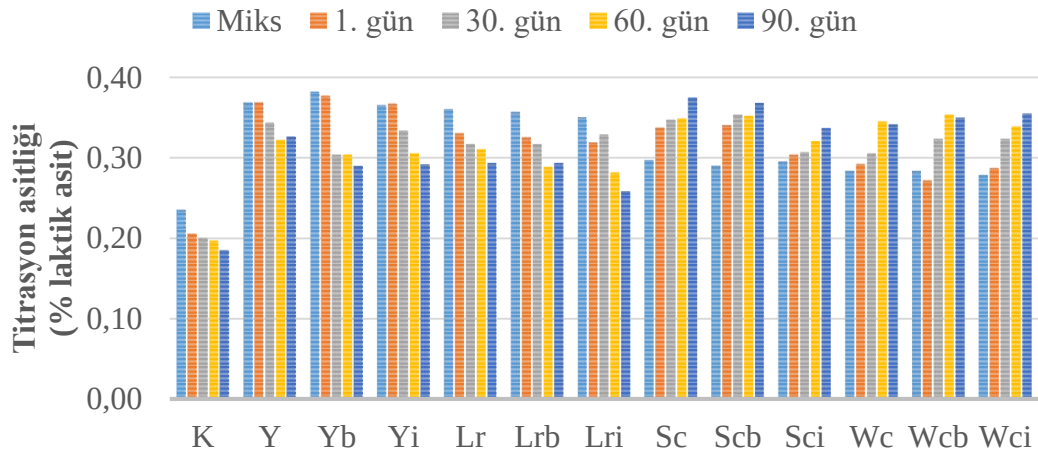


Şekil 3.27. Dondurma örneklerinin pH değerleri

Tablo 3.28. Dondurma örneklerinin asitlik değerleri

Örnekler	Titrasyon Asitliği (% laktik asit)				
	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	0,24±0,01 ^{Da}	0,21±0,02 ^{Gb}	0,20±0,02 ^{Eb}	0,20±0,02 ^{Fb}	0,19±0,01 ^{Gb}
Y	0,37±0,02 ^{ABa}	0,37±0,01 ^{Aa}	0,34±0,01 ^{ABb}	0,32±0,01 ^{BCc}	0,33±0,02 ^{DBc}
Yb	0,38±0,02 ^{Aa}	0,38±0,02 ^{Aa}	0,30±0,01 ^{Db}	0,30±0,01 ^{CDb}	0,29±0,01 ^{Eb}
Yi	0,37±0,02 ^{ABa}	0,37±0,01 ^{Aa}	0,33±0,01 ^{ABCb}	0,31±0,01 ^{CDc}	0,29±0,01 ^{Ec}
Lr	0,36±0,02 ^{ABa}	0,33±0,01 ^{BCb}	0,32±0,02 ^{CDb}	0,31±0,02 ^{Cbc}	0,29±0,01 ^{Ec}
Lrb	0,36±0,02 ^{ABa}	0,33±0,01 ^{BCb}	0,32±0,01 ^{CDb}	0,29±0,01 ^{DEc}	0,29±0,01 ^{Ec}
Lri	0,35±0,02 ^{Ba}	0,32±0,01 ^{CDb}	0,33±0,01 ^{BCDb}	0,28±0,02 ^{Ec}	0,26±0,01 ^{Fd}
Sc	0,30±0,02 ^{Cc}	0,34±0,02 ^{BCb}	0,35±0,02 ^{ABb}	0,35±0,01 ^{Ab}	0,38±0,02 ^{Aa}
Scb	0,29±0,02 ^{Cc}	0,34±0,02 ^{Bb}	0,35±0,03 ^{Aab}	0,35±0,01 ^{Aab}	0,37±0,02 ^{ABa}
Sci	0,30±0,01 ^{Cc}	0,30±0,02 ^{DEbc}	0,31±0,01 ^{Dbc}	0,32±0,03 ^{BCab}	0,34±0,02 ^{CDa}
Wc	0,28±0,02 ^{Cb}	0,29±0,01 ^{EFb}	0,31±0,03 ^{Db}	0,35±0,02 ^{Aa}	0,34±0,01 ^{CDa}
Wcb	0,28±0,02 ^{Cc}	0,27±0,01 ^{Fc}	0,32±0,02 ^{BCDb}	0,35±0,02 ^{Aa}	0,35±0,02 ^{BCa}
Wci	0,28±0,01 ^{Cc}	0,29±0,02 ^{EFc}	0,32±0,03 ^{BCDb}	0,34±0,01 ^{ABab}	0,36±0,02 ^{BCa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.28.** Dondurma örneklerinin asitlik değerleri

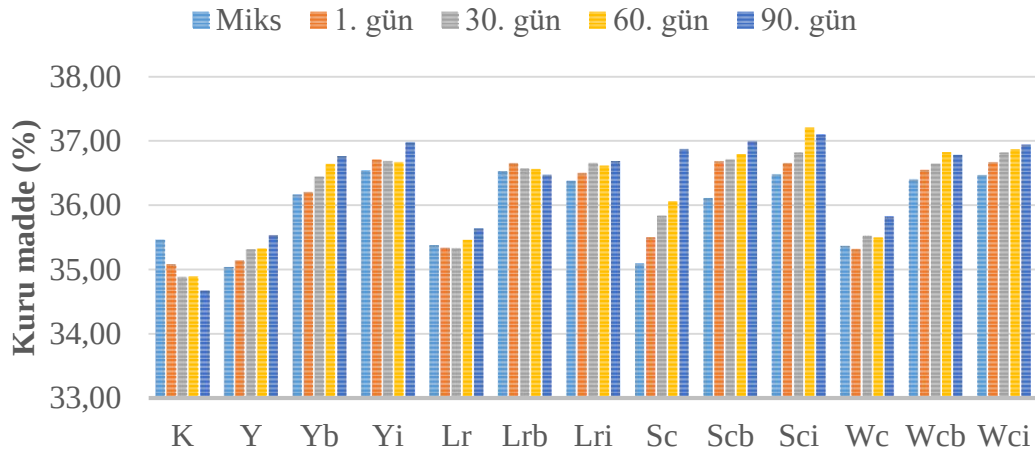
3.5.2. Kuru madde, protein ve yağ

Dondurmaların depolama boyunca kuru madde değerleri Tablo 3.29 ve Şekil 3.29’da yer almaktadır. Kontrol dondurmasının kuru madde oranları depolama boyunca azalırken, diğer örneklerde artış görülmüştür. Diyet liflerin %1,5 oranda ilave edildiği örneklerde kuru madde değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.29. Dondurma örneklerinin kuru madde değerleri

Örnekler	Miks	1. gün	30. gün	60. gün	90. gün
K	35,46±0,13 ^{Ca}	35,09±0,16 ^{Eb}	34,89±0,18 ^{Gc}	34,90±0,19 ^{Hc}	34,68±0,08 ^{Hd}
Y	35,04±0,15 ^{Dc}	35,14±0,14 ^{DEbc}	35,31±0,15 ^{Fb}	35,33±0,19 ^{Gb}	35,54±0,22 ^{Ga}
Yb	36,17±0,15 ^{Bc}	36,20±0,19 ^{Bc}	36,45±0,20 ^{Cb}	36,64±0,09 ^{CDEab}	36,76±0,20 ^{CDa}
Yi	36,54±0,20 ^{Ab}	36,70±0,10 ^{Ab}	36,68±0,11 ^{ABb}	36,67±0,18 ^{BCDEb}	36,98±0,19 ^{ABCa}
Lr	35,38±0,18 ^{Cb}	35,34±0,12 ^{CDb}	35,34±0,16 ^{EFb}	35,47±0,19 ^{Gab}	35,64±0,09 ^{FGa}
Lrb	36,53±0,17 ^{Aa}	36,65±0,15 ^{Aa}	36,57±0,15 ^{BCa}	36,56±0,10 ^{Ea}	36,47±0,14 ^{Ea}
Lri	36,38±0,10 ^{Ab}	36,50±0,17 ^{Aab}	36,65±0,13 ^{ABCa}	36,61±0,14 ^{DEa}	36,69±0,19 ^{Da}
Sc	35,10±0,18 ^{Dd}	35,50±0,21 ^{Cc}	35,84±0,17 ^{Db}	36,06±0,22 ^{Fb}	36,88±0,19 ^{BCDa}
Scb	36,11±0,11 ^{Bc}	36,68±0,12 ^{Ab}	36,71±0,08 ^{ABb}	36,79±0,19 ^{BCDb}	37,00±0,10 ^{ABa}
Sci	36,48±0,14 ^{Ac}	36,65±0,13 ^{Abc}	36,82±0,21 ^{Ab}	37,21±0,12 ^{Aa}	37,10±0,20 ^{Aa}
Wc	35,37±0,15 ^{Cbc}	35,31±0,22 ^{CDc}	35,53±0,19 ^{Eb}	35,50±0,08 ^{Gbc}	35,83±0,15 ^{Fa}
Wcb	36,40±0,10 ^{Ac}	36,54±0,21 ^{Abc}	36,64±0,20 ^{ABCa}	36,82±0,11 ^{BCa}	36,78±0,15 ^{CDa}
Wci	36,47±0,16 ^{Ac}	36,66±0,19 ^{Abc}	36,82±0,18 ^{Aab}	36,87±0,19 ^{Bab}	36,94±0,19 ^{ABCa}

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle, aynı satırda ise farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.29.** Dondurma örneklerinin kuru madde değerleri

Tüm dondurmalarda protein ve yağ oranları birbirine yakın değerlerde bulunmuş (P>0,05), dondurmalar ortalama %5,79 protein ve %5,91 yağ değerlerine sahip olmuştur (Tablo 3.30 ve Şekil 3.30). Örnekler yağ oranı açısından hafif (light) dondurma sınıfındadır (Pimentel, 2022). Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği'ne (Tebliğ No: 2022/13) göre ise yağ oranı “3≤Süt yağı (kütlece %)<8” aralığında olduğundan dolayı örneklerin tamamı “Yarım yağlı dondurma” grubuna girmektedir.

Tablo 3.30. Dondurma örneklerinin protein ve yağ değerleri

Örnekler	Protein (%)	Yağ (%)
K	5,85±0,21 ^A	5,82±0,26 ^A
Y	5,74±0,11 ^A	5,98±0,27 ^A
Yb	5,70±0,14 ^A	5,92±0,22 ^A
Yi	5,73±0,21 ^A	5,85±0,16 ^A
Lr	5,80±0,04 ^A	5,92±0,22 ^A
Lrb	5,83±0,14 ^A	5,97±0,20 ^A
Lri	5,79±0,10 ^A	5,95±0,20 ^A
Sc	5,87±0,06 ^A	5,87±0,32 ^A
Scb	5,87±0,13 ^A	5,76±0,19 ^A
Sci	5,86±0,09 ^A	5,88±0,27 ^A
Wc	5,85±0,07 ^A	5,93±0,19 ^A
Wcb	5,86±0,08 ^A	5,88±0,25 ^A
Wci	5,87±0,07 ^A	5,93±0,27 ^A

Ortalama (n=6) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.

**Şekil 3.30.** Dondurma örneklerinin protein ve yağ değerleri

3.6. Termal Özellikler

Termal özellikler, fiziksel özellikler ile tekstür ve depolama stabilitesi gibi son kullanım özelliklerinin anlaşılmasını sağlar. Dondurma örneklerinin 25 °C'den -80 °C'ye soğutulması esnasında kristalizasyon sıcaklığı; -80 °C'den 25 °C'ye ısıtma esnasında ise camsı geçiş ve erime sıcaklıkları tespit edilmiştir. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma örneklerinin kristalizasyon sıcaklıklarının (Tc) -21,39 ile -17,66 °C aralığında olduğu görülmektedir. Örneklerin Tc değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamaktadır. Ortalama Tc değeri -19,37 °C'dir.

Camsı geçiş sıcaklıkları (Tg) -31,73 ile -28,17 °C aralığındadır. Yoğurt ve *L. rhamnosus* kültürleri Tg üzerine etki etmezken *S. clausii* ve *W. coagulans* ilaveli örneklerde Tg düşmüştür. *S. clausii* ve *W. coagulans* içeren örneklere diyet lif ilavesiyle Tg değerleri yükselmiştir. En yüksek Tg değerlerine sahip örnekler inülin ilaveli yoğurt dondurması ile buğday lifi ve *S. clausii* içeren probiyotik dondurma olmuştur. Diyet lif ilavesiz *S. clausii* ve *W. coagulans* örnekleri ise en düşük Tg değerlerine sahiptir. Tg değerlerinin yüksek olması istenen bir durumdur. Tg, düşük sıcaklıkta depolama sırasında termodinamik kararlılığın sağlanmasında gerek duyulan hususlardan biridir. Camsı geçiş, dondurmalarda serum fazındaki suyun hareketliliğini gösteren bir özelliktir. Dondurma örnekleri için Tg formülasyonuna bağlı olarak değişmekle birlikte -23 °C ile -43 °C arasında değişim gösterdiği bildirilmektedir. Bu aralıktan daha düşük değerlerde yüksek viskozitede sebebiyle rekristalizasyon gibi reaksiyonlara karşı stabilize görülür, daha yüksek Tg değerlerinde ise düşük viskozite sebebiyle moleküler hareketlilik ve difüzyon mekanizmalarında artış görülür (Levine ve Slade, 1990; Hagiwara ve Hartel, 1996; Pintor-Jardines ve ark., 2018). Örneklerin tümünün camsı geçiş sıcaklıkları bahsedilen aralıkta bulunmuştur. Dondurmaların depolama sıcaklıklarını belirlemek için Tg'nin ölçülmesi önemlidir. En iyi kararlılığın sağlanması için dondurmaların Tg'nin altında saklanması tavsiye edilir. Depolama sıcaklığı Tg'den ne kadar yüksek olursa, stabilitedeki bozulma o kadar fazla olur (Goff ve Hartel 2013; Deosarkar ve ark., 2016). Birçok ticari dondurmanın Tg değeri, tipik bir dondurma için yaklaşık -32 °C'nin altındadır, ancak bu kadar düşük sıcaklıklarda depolama, ticari dondurmalar için ekonomik sebeplerden ötürü uygun değildir. Bunun yanında, -25 °C civarlarında depolamanın, raf ömrünü boyunca yeterince yavaş bir yeniden kristalleşme hızı sağlayabileceği belirtilmektedir (Goff ve Hartel, 2013).

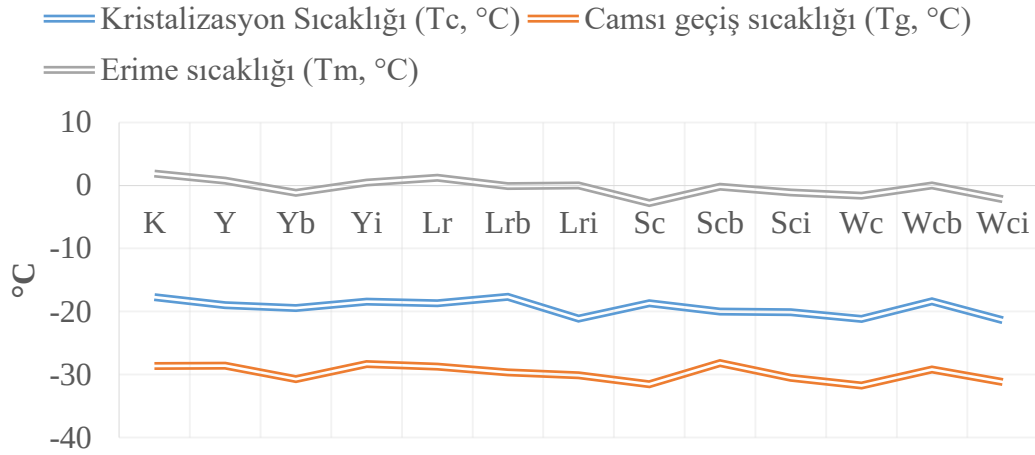
Bu çalışmada dondurma örneklerinin ortalama Tg'si -29.4 °C olarak ticari dondurmalarından biraz daha yüksek bulunmuştur. Bu durumda, Tg ve depolama sıcaklığı arasındaki farkın -4,4 °C civarlarında olması raf ömrü boyunca kararlılığın daha yüksek oranda korunmasını sağlayabilir. Soukoulis ve ark. (2009), inülin ilavesinin dondurmanın Tg değerlerinde dikkate değer bir artışa sebep olduğunu bildirmiştir.

Erime sıcaklıkları (Tm) ise -2,79 ile 1,88 °C aralığındadır. Kontrol dondurması en yüksek Tm'ye sahiptir, kültür ve diyet lif ilaveleriyle Tm değerleri düşmüştür. Tg değerlerinde bir değişiklik olmamıştır (Tablo 3.31 ve Şekil 3.31). Dondurmanın erimesi genellikle -3 °C civarında başlamaktadır. Tatlandırıcılar karışımı çözer ve donma noktasını düşürür (Muse ve Hartel 2004; Goff ve Hartel, 2013). Dondurulmuş yoğurdun tipik bir bileşimi %15 şeker içerir. Bu çalışmanın dondurma bileşiminde %13 şeker kullanılmıştır. Şeker içeriğinin azalmasıyla erime sıcaklığının arttığı düşünülebilir. Soukoulis ve ark. (2009) buğday lifinin donma noktasını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bu durum buğday lifi ilavesiyle dondurmanın neden hızlı eridiğini açıklayabilir.

Tablo 3.31. Dondurma örneklerinin termal özellikleri

Örnekler	Kristalizasyon Sıcaklığı (Tc, °C)	Camsı Geçiş Sıcaklığı (Tg, °C)	Erime Sıcaklığı (Tm, °C)
K	-17,74±4,50 ^A	-28,65±1,59 ^{AB}	1,88±0,96 ^A
Y	-19,00±4,67 ^A	-28,61±1,04 ^{AB}	0,79±0,11 ^{ABC}
Yb	-19,43±1,90 ^A	-30,72±1,75 ^{ABC}	-1,15±0,27 ^{DE}
Yi	-18,41±1,34 ^A	-28,31±1,70 ^A	0,45±0,31 ^{BC}
Lr	-18,67±3,32 ^A	-28,72±1,04 ^{AB}	1,20±0,35 ^{AB}
Lrb	-17,66±1,25 ^A	-29,68±1,17 ^{ABC}	-0,09±0,50 ^{CD}
Lri	-21,11±3,22 ^A	-30,09±0,95 ^{ABC}	0,00±0,05 ^{CD}
Sc	-18,69±1,56 ^A	-31,55±2,77 ^C	-2,79±0,75 ^F
Scb	-20,01±1,65 ^A	-28,17±1,62 ^A	-0,19±0,78 ^{CD}
Sci	-20,13±3,64 ^A	-30,50±0,86 ^{ABC}	-1,09±1,15 ^{DE}
Wc	-21,16±2,83 ^A	-31,73±1,37 ^C	-1,64±0,75 ^E
Wcb	-18,39±2,66 ^A	-29,20±0,92 ^{ABC}	0,00±0,08 ^{CD}
Wci	-21,39±1,85 ^A	-31,17±0,67 ^{BC}	-2,19±0,84 ^{EF}

Ortalama (n=3) ± standart sapma. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05). K: Kontrol örneği, Y: Yoğurt kültürü içeren örnek, Yb: Yoğurt kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Yi: Yoğurt kültürü ve inülin içeren örnek, Lr: *L. rhamnosus* kültürü içeren örnek, Lrb: *L. rhamnosus* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Lri: *L. rhamnosus* kültürü ve inülin içeren örnek, Sc: *S. clausii* kültürü içeren örnek, Scb: *S. clausii* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Sci: *S. clausii* kültürü ve inülin içeren örnek, Wc: *W. coagulans* kültürü içeren örnek, Wcb: *W. coagulans* kültürü ve buğday lifi içeren örnek, Wci: *W. coagulans* kültürü ve inülin içeren örnek.



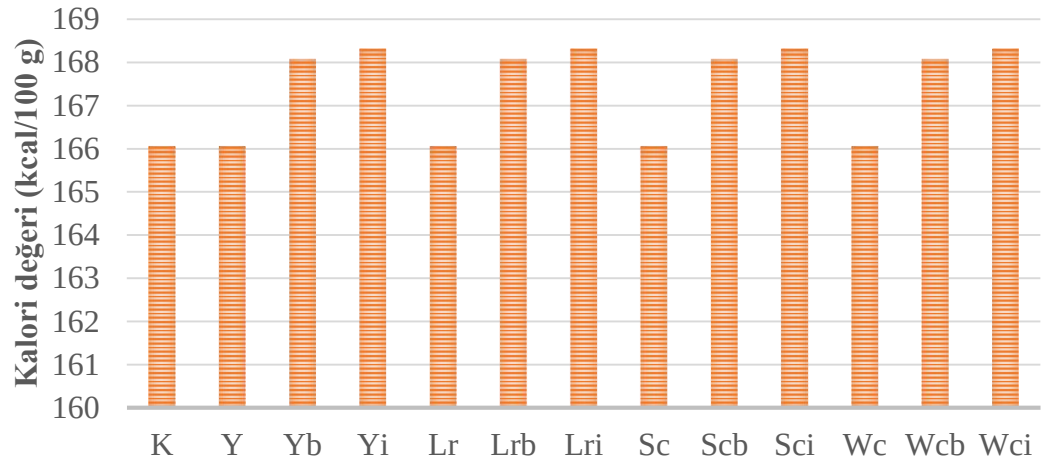
Şekil 3.31. Dondurma örneklerinin termal özellikleri

3.7. Kalori Değeri

Kontrol dondurması için 161,18 kcal/100 g, buğday lifli dondurmalar için 163,21 kcal/100 g ve inülinli dondurmalar için 163,45 kcal/100 g kalori değerine sahiptir (Tablo 3.32 ve Şekil 3.32). Standart bir dondurmanın kalori değeri yaklaşık 197-201 kcal/100 g'dır (Goff ve Hartel, 2013). Çalışmada üretilen dondurma örnekleri yarım yağlı ve standart dondurmaya göre düşük kalorilidir.

Tablo 3.32. Dondurma örneklerinin kalori değerleri (kcal/100 g)

Bileşen	K, Y, Lr, Sc, Wc kalori değerleri (kcal)	Yb, Lrb, Scb, Wcb kalori değerleri (kcal)	Yi, Lri, Sci, Wci kalori değerleri (kcal)
Süt	39,31	38,39	38,40
Krema	33,30	33,30	33,30
Süt tozu	39,05	39,05	39,05
Şeker	51,22	51,22	51,22
Stabilizatör	0,48	0,53	0,53
Emülgatör	2,70	2,70	2,70
Diyet lif	-	2,88	3,12
Toplam (kcal/100 g)	166,06 $\cong$ 166	168,07 $\cong$ 168	168,32 $\cong$ 168



Şekil 3.32. Dondurma örneklerinin kalori değerleri (kcal/100 g)



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmaların üretiminde kullanılan kültürün başlangıç miktarının en uygun şekilde ayarlanması önem arz etmektedir, fazla ya da az olduğu durumlarda depolama boyunca istenmeyen canlı kültür sayıları elde edilebilmektedir. Bazı durumlarda başlangıç miktarının yüksek olması ters etki yaparak dondurmalarda depolama boyunca sayının hızlı bir şekilde düşmesine neden olabilmektedir (Haynes ve Playne, 2002). En az 90 günlük depolamanın sonuna kadar istenen bakteri sayılarını ($>6 \log \text{ cfu/g}$) sağlamak için en uygun başlangıç canlı probiyotik sayısını sağlamak kilit noktalardan biridir (Pimentel ve ark., 2022). Tüm örnekler göz önüne alındığında, 90 gün sonunda dondurmalarda en az $6,72 \log$ canlı hücre bulunmuştur. Başlangıç canlı hücre sayılarının 90 gün boyunca istenen bakteri sayılarını sağlayabilmek için uygun bir seviyede olduğu söylenebilir.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre yoğurt ve fermente süt ürünlerinde toplam spesifik mikroorganizma sayısının en az 10^7 kob/g olması istenmektedir. Bu tebliğe göre değerlendirme yapıldığında *L. bulgaricus* sayısının kritik değerin bir miktar altında kaldığı söylenebilir. Kullanılan diğer tüm kültürlerin sayıları tebliğe uygunluk göstermektedir. Yine de yoğurt dondurması için bakıldığında *S. thermophilus* sayısının kritik değerin üstünde olması sayesinde toplam spesifik mikroorganizma sayısının olması gereken en az değerin sağlandığı şeklinde yorum yapılabilir.

Depolamanın sonu olan 90. günde canlı kalabilirliği en yüksek olan örnek inülin ve *S. clausii* ilaveli örnek olurken en düşük canlı kalabilirlik değerleri lifsiz ve buğday lifi ilaveli yoğurt dondurmalarındaki *L. bulgaricus*'a ait olmuştur. *L. bulgaricus* çalışmadaki dondurma işleme koşullarına en dayanıksız kültür olmuştur. *L. rhamnosus* herhangi bir sinerjik bakteri olmaksızın sütte iyi bir gelişme göstermiş, ayrıca buğday lifinin teşvik edici etkisi ile $-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 90 günlük depolama için iyi bir canlılık göstermiştir. Alamprese ve ark. (2005) tarafından rapor edildiği şekilde dondurma için uygun bir probiyotik olduğu görülmüştür. Dondurma ortamı için *L. bulgaricus* yerine daha uygun bir alternatif olabilir. *S. clausii* ve *W. coagulans* eskiden aynı bakteri cinsi

(*Bacillus*) içerisinde yer alan iki bakteridir. *S. clausii* ve *W. coagulans* bakterilerinin dondurmanın içerisinde vejetatif ve spor formlarının bir arada bulunduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca *S. clausii* ve *W. coagulans* içeren dondurmalarda spor sayılarında bir değişim gözlenmezken vejetatif hücre sayısında düşüş görülmüştür. Benzer yapısal özelliklerinin yanı sıra bu çalışmadaki işleme koşulları bakımından dondurma ortamında *S. clausii*'nin *W. coagulans*'a göre bakteri sayısı açısından verimin biraz daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Tek kültürle istenen en düşük probiyotik sayısını sağlanabilmesi dondurma maliyeti açısından avantajlı bir durumdur.

Duyusal değerlendirmelerde örnekler kaşıқта uzama ve ağızda erime süresi parametreleri bakımından orta ve ortaya yakın puanlar almışlardır. Kültür ilaveli dondurmalarda, fermentasyon sonucu oluşan asitlik uygun bir üretim yöntemi ile dengelenerek, duysal açısından asitliğin ön plana çıkması engellenebilir. Bununla birlikte, ilave tatlandırıcı bileşikler kullanılmadan, asidik tat ve aroma, uygun bir üretim yöntemiyle dengelenebilir. Dondurmalarda istenilen bakteri sayısı sağlanırken ekşilik puanları ortalamanın altındadır. Dondurmaların asitliği, yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmaların genel asitlik değerlerinden biraz daha düşük bulunmuştur. Bu sayede düşük ekşilik puanları elde edilmiştir. Yoğurt dondurması ve probiyotik dondurmalarda asidik (ekşi) tat, şeker tadını bastırabilmektedir. Ürünlerin tatlılığının ne çok fazla ne de çok az bulunduğu, panelistler tarafından en uygun derecede olduğu görülmektedir. Bununla birlikte fermente süt ilaveli dondurmalarda ekşi tadın düşük derecelerde hissedildiği tespit edilmiştir. Buzlu yapı değerlerinin düşük olması üründe hissedilen buz kristallerinin düşük oranda olduğunu göstermektedir. Dondurmalarda herhangi bir renk verici bileşen kullanılmadığı için duysal olarak hepsi aynı renk ve görünümde olmuştur. Bu durum yapı ve kıvam, tat ve koku ve genel beğeni parametrelerinin renk ve görünüşle bağlantılı olmayacak şekilde değerlendirilmiş olduğunu göstermektedir. Yapı ve kıvam açısından beğenilen örnekler *S. clausii*'nin lifsiz dondurması ve *W. coagulans*'ın inülinli dondurması olmuştur. Hem tat ve koku hem de genel beğeni açısından en beğenilen örnek *L. rhamnosus*'ın inülinli dondurması olmuştur. Buğday lifi ilaveli yoğurt dondurması ise bu iki parametre açısından en az beğenilen örnek olmuştur. Yine de bu dondurma 6,44 tat ve koku ile 6,78 genel beğeni puanları ile tatminkâr-iyi aralığında puanlara sahip olmuştur. Örneklerin tümü ortalamanın üzerinde beğenilmiştir.

Yasal limitlere uyulduğu sürece çok farklı çeşit ve bileşimlerde dondurmalar üretmek mümkündür. Bu açıdan ürün yelpazesi oldukça geniştir ancak bu ürünlerin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla kültür sayısının yanında ele alınması gereken diğer bazı özellikler vardır. Bunların ilki tüketici açısından duyuşal özellikler, sonrasında endüstriyel olarak üretim açısından viskozite, tekstür, donma ve erime noktası gibi özelliklerdir. Ayrıca duyuşal kaliteyle ilişkilendirmek için erime süresi, L^* , a^* , b^* , beyazlık indeksi (WI) gibi fiziksel özellikler; pH, titrasyon asitliği gibi kimyasal özelliklerin de göz önünde bulundurulması ürün kalitesinin anlaşılması ve yorumlanması açısından faydalı olabilmektedir.

Kültürlerin eklenmesi viskoziteyi, L^* , WI, ilk damlama süresini ve yağ destabilizasyonunu (%) artırmış; tamamen erime süresini ve erime sıcaklığını azaltmış; hacmi artışı, kristalleşme ve camsı geçiş sıcaklıkları üzerinde bir etkisi olmamıştır. Sertlik, yoğurt kültürü ilavesiyle artarken, *L. rhamnosus* ilavesiyle azalmıştır. Diyet liflerin viskozite ve ilk damlama süresini artırıcı bir etkisi olmuş; hacim artışı, L^* ve WI, tamamen erime süresi, erime sıcaklığı ve yağ destabilizasyonu üzerinde ise azaltıcı bir etkisi olmuştur. Sertlik değerleri inülin ilavesiyle değişmezken buğday lifi ilavesiyle artmıştır. Diyet lifinin kristalizasyon ve cam geçiş sıcaklıkları üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Tüm örneklerin ortalama Tg'si $-29.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Tg değeri, dondurmalar için genel Tg değerleri aralığından ($-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında) yüksek ve depolama sıcaklığına ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) daha yakındır. Bu farkın yakınlığı depolama sırasında dondurmalar için daha iyi bir kararlılık sağlayabilir.

Farklı şeker oranlarıyla dondurmaların üretildiği bir çalışmada %18 şeker katkı ürünlerin probiyotik canlılığının %15 veya %21 olanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Low ve ark. 2015). Dondurmaların şeker oranı %15'in altında olmasına rağmen tatmin edici canlı kalabilirlik oranlarına ulaşılmıştır. Bununla birlikte tüm örneklerin tatlılık puanları (5,00-5,50) ortalama uygun puan olan 5'e yakındır. Ayrıca standart bir dondurmanın 197-201 kcal/100 g enerji içeriğine sahip olması beklenirken, çalışmadaki dondurma miksleri 161.18-163.45 kcal/g enerji değerine sahip olmuştur. Düşük şeker ve yağ miktarları düşük enerji değerleri elde edilmesini sağlamıştır. Şeker oranı azaldıkça dondurmanın erimesi süresi uzar, yağ oranı azaldıkça ise erime süresi kısalır. Şeker ve yağ oranını birlikte azaltmak kalori değerini düşürürken, erime özelliği üzerinde dengeleyici bir etki göstermiştir.

Günümüzde tüketicilerin beslenme alışkanlıkları insan sağlığını olumlu yönde etkileyen, fonksiyonel gıdalar yönünde değişmektedir. Hızla gelişen fonksiyonel gıda pazarı bu konuyla ilgili araştırmaları elzem kılmıştır. Bu araştırmaların amacı, ürün geliştirme sürecinde, fonksiyonel özelliğinin artırılmasının yanı sıra ürünün yapısal ve duyuşal özelliklerinin sağlanması ve bu şekilde tüketici tarafından kabul görme olasılığının artırılmasıdır. Tüketicilerin her gıda için olduğu gibi fonksiyonel gıdalar için de duyuşal açıdan beğenebilecekleri tat ve aroma beklentileri vardır. Duyusal açıdan beğenilmeyen bir gıda sırf fonksiyonel özelliklere sahip olduğu için tüketiciler tarafından talep görmemektedir. Fonksiyonel gıda endüstrisi bu tür ürünlere olan talebi artırmak amacıyla besleyicilik, fonksiyonellik, tat ve aroma gibi unsurları bir arada ele alıp geliştirmeye çalışmaktadır (Bleiel, 2010; Guimarães ve ark., 2019; Çam, 2020).

Çeşni bileşenleri kullanılmadan yoğurt dondurması ve probiyotik dondurma üretimi ekonomik bir seçenek olabilir. Ayrıca, tek bir probiyotik kültür ile istenilen düzeyde canlı hücre sayısının sağlanması da ekonomik olarak avantajlıdır. Diyet lifi türleri ve miktarları konusunda daha ileri çalışmalar yapılabilir. Fiziksel özelliklerde gözle görülür değişiklikler için karışıma daha fazla diyet lifi eklenebilir. Sporlu probiyotik bakterilerin süt ortamında fermentasyonu ile dondurma üretiminde kullanılması bu çalışmanın özgün değerini artırmaktadır. Sporlu probiyotiklerin dondurmada hoşagiden bir aroma oluşturmaları çalışmaya değer kazandırmaktadır. Bu sayede çalışmanın ilerleyen akademik ve endüstriyel çalışmalara öncülük etmesi umulmaktadır. Diyet lifi ve tek bir probiyotik kültür ile probiyotik dondurma üretimi duyuşal özellikler, hücre canlılığı ve ekonomik açıdan tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- Abbrescia, A., Martino, P. L., Panelli, D., Sardanelli, A. M., Papa, S., Alifano, P., Palese L. L., ve Gaballo, A. (2014). The respiratory chains of four strains of the alkaliphilic *Bacillus clausii*. *FEBS Open Bio*, 4, 714-721. <https://doi.org/10.1016/j.fob.2014.07.009>
- Abdul Razak, S. Z., Baharuddin, A. S., Mohd Amin, N. A., Mat Johari, A., ve Mohammad Parid, D. (2019). Optimisation of stabiliser combinations in instant ice cream mix powder formulation via mixture design methodology. *International Food Research Journal*, 26(6), 1689-1698.
- Abdünnur, V. (2016). *İstanbulda satışa sunulan dondurmaların Listeria monocytogenes ve Enterobacteriaceae varlığı yönünden incelenmesi* [Yüksek lisans tezi] İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Abghari, A., Sheikh-Zeinoddin, M., ve Soleimanian-Zad, S. (2011). Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(1), 84-92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02453.x>
- Abhari, K. H., Shekarforoush, S. S., Sajedianfard, J., Hosseinzadeh, S., ve Nazifi, S. (2015). The effects of probiotic, prebiotic and synbiotic diets containing *Bacillus coagulans* and inulin on rat intestinal microbiota. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 16(3), 267-273.
- Acar, H. S. (2019). *Farklı ambalaj materyallerinin keçi sütünden üretilen probiyotik dondurmaların kalitesi üzerine etkisi* [Yüksek lisans tez] Ege Üniversitesi.
- Açu, M. (2014). *Fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş dondurma üretimi* [Yüksek lisans tezi] Ege Üniversitesi.
- Ahmad, I. (2019). *Effect of polyphenol from apple peel extract on the survival of probiotics in yoghurt ice cream* [Doktora tezi] University of Veterinary and Animal Sciences Lahore.
- Ahmadi, A., Milani, E., Madadlou, A., Mortazavi, S. A., Mokarram, R. R., ve Salarbashi, D. (2014). Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (LA-5) and fructooligosaccharide. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1568-1574. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0679-y>
- Aiello, A., Accardi, G., Candore, G., Carruba, G., Davinelli, S., Passarino, G., Scapagnini, G., Vasto, S., ve Caruso, C. (2016). Nutrigerontology: a key for achieving successful ageing and longevity. *Immunity & Ageing*, 13, 1-5. <https://doi.org/10.1186/s12979-016-0071-2>

- Akalın, A. S., Kesenkas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., ve Kınık, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibres: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 37-46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>
- Akalın, A. S., ve Erişir, D. (2008). Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Journal of Food Science*, 73(4), M184-M188. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00728.x>
- Akan, E., Yerlikaya, O., Saygılı, D., ve Kınık, Ö. (2021). Farklı starter kültür kullanımının yoğurtların tekstürel ve viskozite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3):377-383. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.838079>
- Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., ve Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55. <http://doi:10.1016/j.idairyj.2016.02.040>
- Akça, S. (2019). *Bitkisel yağ ve posalar kullanılarak üretilen probiyotik dondurmaların kalite özelliklerinin araştırılması* [Yüksek lisans tezi] Manisa Celal Bayar Üniversitesi.
- Akın, M. B., Akın, M. S., ve Kirmacı, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yoghurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*, 104(1), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>
- Akpınar, A., Saygılı, D., ve Yerlikaya, O. (2020). Production of set-type yoghurt using *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains with probiotic potential as starter adjuncts. *International Journal of Dairy Technology*, 73(4), 726-736. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12714>
- Alamprese, C., Foschino, R., Rossi, M., Pompei, C., ve Corti, S. (2005). Effects of *Lactobacillus rhamnosus* GG addition in ice cream. *International Journal Of Dairy Technology*, 58(4), 200-206. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00214.x>
- Alander, M., Korpela, R., Saxelin, M., Vilpponen-Salmela, T., Mattila-Sandholm, T., ve Von Wright, A. (1997). Recovery of *Lactobacillus rhamnosus* GG from human colonic biopsies. *Letters in Applied Microbiology*, 24(5), 361-364. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1997.00140.x>
- Alibekiroğlu, R. (2014). *Farklı oranlarda taurin ve inülin ilavesinin probiyotik yoğurt dondurmalarının fizikokimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi* [Yüksek lisans tezi] Harran Üniversitesi.
- Altun, İ. (2012). *Peynir altı suyunda üretilen ekzopolisakkaritlerin stabilizatör olarak kullanımının dondurmanın bazı özelliklerine etkisi* [Doktora tezi] Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Anonim. (2016, 8 Ağustos). New ice cream mixes raise requirements for volumetrically consistent pumping technology. <https://www.refrigeratedfrozenfood.com/articles/91279-new-ice-cream-mixes-raise-requirements-for-volumetrically-consistent-pumping-technology>

- Anonim. (2023a, 31 Ocak). Gliserol Monostearat. https://www.atamanchemicals.com/glycerol-monostearate_u26370/?lang=TR
- Anonim. (2023b, 5 Şubat). Pierre's Yovation Delights Frozen Yogurt Fans with Creative Flavors and Probiotic Benefits. <https://bc30probiotic.com/idea-center/case-study/pierres-yovation-delights-frozen-yogurt-fans-with-creative-flavors-and-probiotic-benefits/>
- Anonim. (2023c, 10 Mart). Species *Lacticaseibacillus rhamnosus*. <https://lpsn.dsmz.de/species/lacticaseibacillus-rhamnosus>
- Anonim. (2023d, 10 Mart). Species *Shouchella clausii*. <https://lpsn.dsmz.de/species/shouchella-clausii>
- Anonim. (2023e, 10 Mart). Species *Weizmannia coagulans*. <https://lpsn.dsmz.de/species/weizmannia-coagulans>
- Anonim. (2023f, 10 Mart). Subspecies *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. <https://lpsn.dsmz.de/subspecies/lactobacillus-delbrueckii-bulgaricus>
- Anonim. (2023g, 10 Mart). Subspecies *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. <https://lpsn.dsmz.de/subspecies/streptococcus-salivarius-thermophilus>
- Arslan, A. A., Gocer, E. M. C., Demir, M., Atamer, Z., Hinrichs, J., ve Küçükçetin, A. (2016). Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into ice cream using three different methods. *Dairy Science & Technology*, 96, 477-487. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0282-5>
- Arslaner, A., ve Salık, M. A. (2017). Ceviz ezmesi ve dut kurusu tozu ilavesiyle üretilen düşük kalorili dondurmanın bazı kalite niteliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 57-64. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.320346>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists.
- Atluri, S., Ragkousi, K., Cortezzo, D. E., ve Setlow, P. (2006). Cooperativity between different nutrient receptors in germination of spores of *Bacillus subtilis* and reduction of this cooperativity by alterations in the gerB receptor. *Journal of Bacteriology*, 188(1), 28–36. <https://doi.org/10.1128/JB.188.1.28-36.2006>
- Atsan, E., ve Çağlar, A. (2008). Dondurmanın bazı fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine farklı emülgatörlerin etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 75-81.
- Ayar, A., Sıçramaz, H., Öztürk, S., ve Öztürk Yılmaz, S. (2018). Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 174-182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>
- Ayhan, E. (2016). *Farklı oranlarda keçi sütünden üretilmiş probiyotik dondurmaların kalite özellikleri üzerine bir araştırma* [Yüksek lisans tezi] Ege Üniversitesi.
- Ayhan, K., Orhan, E. (2015). Fonksiyonel Gıdalar ve Biyoaktif Maddeler. F., Durlu Özkaya, S. Coşansu, K. Ayhan (Ed.), *Her Yönüyle Gıda* (Genişletilmiş 2. Baskı, ss. 249-266) içinde. Sidas Medya.

- Azari-Anpar, M., Soltani Tehrani, N., Aghajani, N., ve Khomeiri, M. (2017). Optimization of the new formulation of ice cream with native Iranian seed gums (*Lepidium perfoliatum* and *Lepidium sativum*) using response surface methodology (RSM). *Journal of Food Science and Technology*, 54, 196-208. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2451-1>
- BahramParvar, M., Tehrani, M. M., ve Razavi, S. M. (2013). Effects of a novel stabilizer blend and presence of κ -carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage. *Food Bioscience*, 3, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.05.001>
- Bakır, E. (2015). *Probiyotik bakterilerin dondurma üretiminde kullanımı üzerine bir çalışma* [Yüksek Lisans Tezi] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Baladura, E. (2011). *Süzme yoğurtlarının fonksiyonel özelliklerinin artırılmasında bazı diyet liflerin kullanılması üzerine araştırmalar* [Yüksek lisans tezi] Celal Bayar Üniversitesi.
- Balthazar, C. F., Gaze, L. V., Silva, H. L. A., Pereira, C. S., Franco, R. M., Conte-Junior, C. A., Freitas, M. Q., ve Silva, A. C. O. (2015). Sensory evaluation of ovine milk yoghurt with inulin addition. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2), 281–290. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12189>
- Balthazar, C. F., Silva, H. L., Esmerino, E. A., Rocha, R. S., Moraes, J., Carmo, M. A., Azevedo, L., Camps, I., Abud, Y. K. D., SantAnna, C., Franco, R. M., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Racies, R. S. L., Escher, G. B., Granato, D., Ranadheera, C. S., Nazarro, F., ve Cruz, A. G. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.002>
- Bamforth, C. W. (2005). *Food, Fermentation and Micro-organisms* (1st ed.) John Wiley-Blackwell.
- Başıyigit, G., Karahan, A. G., ve Çakmakçı, M. L. (2005). Probiyotik olma özelliği taşıyan laktik asit bakterilerinin dondurma üretiminde kullanılması. *Gıda*, 30(6), 419-424.
- Bayrakçı, H., (2018). *Dondurmanın kalitesi üzerine tahin kullanımının etkisinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi.
- Béal, C., Fonseca, F., ve Corrieu, G. (2001). Resistance to freezing and frozen storage of *Streptococcus thermophilus* is related to membrane fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 84(11), 2347-2356. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74683-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74683-8)
- Belitz, H. D., Grosch, W., ve Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th revised and extended ed.). Springer-Verlag.
- Bernardeau, M., Lehtinen, M. J., Forssten, S. D., ve Nurminen, P. (2017). Importance of the gastrointestinal life cycle of *Bacillus* for probiotic functionality. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2570-2584. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2688-3>
- Bleiel, J. (2010). Functional foods from the perspective of the consumer: How to make it a success?. *International Dairy Journal*, 20(4), 303-306. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.009>

- Bolliger, S., Goff, H. D., ve Tharp, B. W. (2000b). Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, 10(4), 303-309. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00044-3)
- Bolliger, S., Kornbrust, B., Goff, H. D., Tharp, B. W., ve Windhab, E. J. (2000a). Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low-temperature extrusion processing. *International Dairy Journal*, 10(7), 497-504. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00071-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00071-6)
- Bradley, R. L., Arnold, E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., ve Vines, B. K. (1992). Chemical and physical methods. In R.T. Marshall (Ed.), *Standard Methods For The Examination of Dairy Products* (16th ed., pp. 433–531) American Public Health Association.
- Buriti, F. C. A., Bedani, R. ve Saad, S. M. I. (2016). Probiotic and Prebiotic Dairy Desserts, In R. R. Watson, V. R. Preedy (Eds.), *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics* (pp. 345-360). Academic Press <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802189-7.00023-x>
- Çakmakçı, S., 2010. *Gıda Katkı Maddeleri* (8. Baskı). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.
- Çam, G. (2020). *Farklı oranlarda yenilebilir bitkisel lif kullanılarak üretilen probiyotik dondurmaların bazı özelliklerinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Selçuk Üniversitesi.
- Camelo-Silva, C., Barros, E. L. D. S., Verruck, S., Maran, B. M., Canella, M. H. M., Esmerino, E. A., Silva, R., ve Prudencio, E. S. (2021). How ice cream manufactured with concentrated milk serves as a protective probiotic carrier? An in vitro gastrointestinal assay. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.28621>
- Campbell, M. (2015). *An examination of microbial populations in different brands and flavors of ice cream* [Honors thesis] The University of Mississippi.
- Canbulat, Z. (2010). *Lactobacillus rhamnosus kültürü ile probiyotik yoğurt üretimi* [Yüksek lisans tezi] Uludağ Üniversitesi.
- Canbulat, Z., ve Özcan, T. (2007). Bebek mamaları ve çocuk ek besinlerinde *Lactobacillus rhamnosus* GG kullanımının sağlık üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 69-79.
- Cao, J., Yu, Z., Liu, W., Zhao, J., Zhang, H., Zhai, Q., ve Chen, W. (2020). Probiotic characteristics of *Bacillus coagulans* and associated implications for human health and diseases. *Journal of Functional Foods*, 64, 103643. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103643>
- Cardarelli, H. R., Buriti, F. C., Castro, I. A., ve Saad, S. M. (2008). Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 41(6), 1037-1046. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.001>
- Çelik, Ö. F. (2020). *Geleneksel yoğurtlardan antimikrobiyal aktiviteli laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve yoğurt kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi* [Doktora tezi] Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

- Champagne, C. P., Gardner, N. J., ve Roy, D. (2005) Challenges in the addition of probiotic cultures to foods, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(1), 61-84. <https://doi.org/10.1080/10408690590900144>
- Chandan, R. C., Kilara, A., ve Hui, Y. H. (Eds.). (2013). *Manufacturing Yogurt And Fermented Milks* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Charalampopoulos, D., Pandiella, S. S., ve Webb, C. (2003). Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of potentially probiotic lactic acid bacteria under acidic conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 82(2), 133-141. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00248-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00248-9)
- Clements, L. D., Streips, U. N., ve Miller, B. S. (2002). Differential proteomic analysis of *Bacillus subtilis* nitrate respiration and fermentation in defined medium. *Proteomics*, 2(12), 1724-1734. [https://doi.org/10.1002/1615-9861\(200212\)2:12<1724::AID-PROT1724>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1615-9861(200212)2:12<1724::AID-PROT1724>3.0.CO;2-S)
- Collins, M. D., Phillips, B. A., ve Zannoni, P. (1989). Deoxyribonucleic acid homology studies of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* sp. nov., subsp. *paracasei* and subsp. *tolerans*, and *Lactobacillus rhamnosus* sp. nov., comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 39(2), 105-108. <https://doi.org/10.1099/00207713-39-2-105>
- Conceição, H. B. D. S., Melo, C. D. S., Ferreira, I. M., Silva, A. M. O., ve Carvalho, M. G. D. (2020). Sorvete de umbu e mangaba: vida de prateleira e viabilidade do *Bacillus clausii*, *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, Fortaleza, 14(1), 53-66.
- Costa, M. P., Frasco, B. S., Silva, A. C. O., Freitas, M. Q., Franco, R. M., ve Conte-Junior, C. A. (2015). Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5995-6003. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9738>
- Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A. L. O. P., Faria, J. A. F., ve Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9), 1233-1239. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020>
- Davidson, R. H., Duncan S. E., Hackney, C. R., Eigel, W. N., ve Boling J. W. (2000). Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. *Journal Dairy Science*, 83(4), 666-673. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74927-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74927-7)
- De Clerk, E., Rodriguez-Diaz, M., Forsth, G., Lebbe, L., Logan, N.A., ve De Vos, P., (2004). Polyphasic characterization of *Bacillus coagulans* strains, illustrating heterogeneity within this species, and emended description of the species. *Systematic and Applied Microbiology*, 27(1), 50-60. <https://doi.org/10.1078/0723-2020-00250>
- De Farias, T. G. S., Ladislau, H. F. L., Stamford, T. C. M., Medeiros, J. A. C., Soares, B. L. M., Arnaud, T. M. S., ve Stamford, T. L. M. (2019). Viabilities of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 290 and *Lactobacillus casei* ATCC 334 (in free form or encapsulated with calcium alginate-chitosan) in yellow mombin ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 100, 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.084>

- De Jonghe, V., Coorevits, A., De Block, J., Van Coillie, E., Grijspeerdt, K., Herman, L., De Vos, P., ve Heyndrickx, M. (2010). Toxinogenic and spoilage potential of aerobic spore-formers isolated from raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 136(3), 318-325. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.007>
- De Vecchi, E., ve Drago, L. (2006). *Lactobacillus sporogenes* or *Bacillus coagulans*: misidentification or mislabelling?. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 1(1), 3-10.
- Demir, Ş. (2019). *Ayva çekirdeği ekstraktının dondurma üretiminde etkisi* [Yüksek lisans tezi] Pamukkale Üniversitesi.
- Demirkol, O. (2015). Fermantasyon Teknolojisi. F., Durlu Özkaya, S. Coşansu, K. Ayhan (Ed.) *Her Yönüyle Gıda*, (Genişletilmiş 2. Baskı, ss. 187-220) içinde. Sidas Medya.
- Deosarkar, S. S., Kalyankar, S. D., Pawshe, R. D., ve Khedkar, C. D. (2016). Ice cream: composition and health effects. In B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 385–390). Academic Press <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00385-8>
- Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E., ve Panfili, G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4555-4564. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3355>
- Dimidi, E., Cox, S. R., Rossi, M., ve Whelan, K. (2019). Fermented foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients*, 11(8), 1806. <https://doi.org/10.3390/nu11081806>
- Djukić-Vuković, A., Meglič, S. H., Flisar, K., Mojović, L., ve Miklavčič, D. (2021). Pulsed electric field treatment of *Lactocaseibacillus rhamnosus* and *Lactocaseibacillus paracasei*, bacteria with probiotic potential. *LWT-Food Science and Technology*, 152, 112304. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112304>
- Dreher, M. 2001. Dietary Fiber Overview. In S. S. Cho (Ed.), *Handbook of dietary fiber* (pp. 1-16). CRC Press.
- Durlu Özkaya, F. (2015). Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi. F., Durlu Özkaya, S. Coşansu, K. Ayhan (Ed.), *Her Yönüyle Gıda* (Genişletilmiş 2. Baskı, ss. 39-93) içinde. Sidas Medya.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. ve Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124 (2), 411-421.
- Elmas, E. T. (2022). *Farklı kültür çeşitleri kullanılarak elde edilen yoğurtların bazı fizikokimyasal, mikrobiyal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V., ve Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 89-93. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00042.x>

- Elshagabee, F. M., Rokana, N., Gulhane, R. D., Sharma, C., ve Panwar, H. (2017). *Bacillus* as potential probiotics: status, concerns, and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1490. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01490>
- Endres, J. R., Clewell, A., Jade, K. A., Farber, T., Hauswirth, J., ve Schauss, A. G. (2009). Safety assessment of a proprietary preparation of a novel probiotic, *Bacillus coagulans*, as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, 47(6), 1231-1238. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.02.018>
- Erginkaya, Z., Kabak, B. (2021). Fermente Gıdalar. O. Erkmen (Ed.), *Gıda Mikrobiyolojisi* (6. Baskı, ss. 491-514) içinde. Efil Yayınevi.
- Errington, J. (2003). Regulation of endospore formation in *Bacillus subtilis*. *Nature Reviews Microbiology*, 1, 117-126. <https://doi.org/10.1038/nrmicro750>
- Ersoy, G., Tontul, S. A., ve Erbas, M. (2023). Probiyotik *Alkalihalobacillus clausii* sporu içeren kek üretimi. *Gıda*, 48(1), 16-24. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22105>
- Ewen, J. P., Gattinoni, C., Morgan, N., Spikes, H. A., ve Dini, D. (2016). Nonequilibrium molecular dynamics simulations of organic friction modifiers adsorbed on iron oxide surfaces. *Langmuir*, 32(18), 4450-4463. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.6b00586>
- Fang, H., Elina, T., Heikki, A., ve Seppo, S. (2000). Modulation of humoral immune response through probiotic intake. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 29(1), 47-52. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2000.tb01504.x>
- Fares, C., Menga, V., Martina, A., Pellegrini, N., Scazzina, F., ve Torriani, S. (2015). Nutritional profile and cooking quality of a new functional pasta naturally enriched in phenolic acids, added with β -glucan and *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086. *Journal of Cereal Science*, 65, 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.017>
- Farrow, J. A. E., ve Collins, M. D. (1984). DNA base composition, DNA-DNA homology and long-chain fatty acid studies on *Streptococcus thermophilus* and *Streptococcus salivarius*. *Microbiology*, 130(2), 357-362. <https://doi.org/10.1099/00221287-130-2-357>
- Ferraz, J. L., Cruz, A. G., Cadena, R. S., Freitas, M. Q., Pinto, U. M., Carvalho, C. C., Faria, J. A. F., ve Bolini, H. M. A. (2012). Sensory acceptance and survival of probiotic bacteria in ice cream produced with different overrun levels. *Journal of Food Science*, 77(1), S24-S28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02508.x>
- Fırat, M. Ç. (2019). *Probiyotik ve antioksidan özellikli yoğurt bakterilerinin izolasyonu ve identifiye edilen suşlarla üretilen yoğurtların bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi* [Doktora tezi] Atatürk Üniversitesi.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization (2002). Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food ((FAO Food and Nutrition Paper 85). Food and Agricultural Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf>

- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., ve O'Mahony, J. A. (2015). Enzymology of milk and milk products. In *Dairy Chemistry and Biochemistry* (pp. 377-414). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_10
- Frank, J. (2014). *The effect of dietary fiber on physico-chemical and sensorial properties of frozen yogurt* [Yüksek lisans tezi] The University of Missouri-Columbia.
- Gallaher, D. D., Stallings, W. H., Blessing, L. L., Busta, F. F., ve Brady, L. J. (1996). Probiotics, cecal microflora, and aberrant crypts in the rat colon. *The Journal of Nutrition*, 126(5), 1362-1371. <https://doi.org/10.1093/jn/126.5.1362>
- Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., ve Sang, Y. (2021). Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3937-3982. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755>
- Garrison, A. (2019). *Characterization and evaluation of the probiotic properties of the sporeforming bacteria, Bacillus coagulans unique IS-2* [Yüksek lisans tezi] University of Nebraska-Lincoln.
- 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., ve 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. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Gibson, G. R., Probert, H. M., Van Loo, J., Rastall, R. A., ve Roberfroid, M. B. (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17(2), 259-275. <https://doi.org/10.1079/NRR200479>
- Gill, C.O. (2012). Microbiology of frozen foods. In D. W. Sun (Ed.), *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging* (2nd ed., pp. 83–100). CRC Press.
- Goff, H. D. (1997). Colloidal aspects of ice cream—a review. *International Dairy Journal*, 7(6-7), 363-373. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(97\)00040-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00040-X)
- Goff, H.D. ve Hartel, R.W. (2013). *Ice Cream* (7th ed.). Springer.
- Göktaş, H. (2021). *Çeşitli ticari kaynaklardan izole edilen Saccharomyces cerevisiae var. boulardii'nin probiyotik özelliklerinin belirlenmesi ve dondurma üretiminde kullanımı* [Doktora tezi] Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Goldin, B. R., Gorbach, S. L., Saxelin, M., Barakat, S., Gualtieri, L., ve Salminen, S. (1992). Survival of *Lactobacillus* species (strain GG) in human gastrointestinal tract. *Digestive Diseases and Sciences*, 37, 121-128. <https://doi.org/10.1007/BF01308354>
- Golestani, M., ve Pourahmad, R. (2017). Comparison of three treatments (two fermented treatments and one nonfermented treatment) in production of synbiotic ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12839. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12839>
- Gönç, S., ve Enfiyeci, A. S. (1987). Dondurma teknolojisinde kullanılan emülsifiye ve stabilize edici maddeler, fonksiyonları ve kombinasyonları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 209-221.

- Göncü, B. (2012). *Dondurma üretiminde stabilizör olarak mikrobiyal transglutaminazdan yararlanma olanakları* [Yüksek lisans tezi] Harran Üniversitesi.
- Gorbach, S., Doron, S., ve Magro, F. (2017). *Lactobacillus rhamnosus* GG. In M. H. Floch, Y. Ringel, W. A. Walker (Eds.), *The microbiota in gastrointestinal pathophysiology* (pp. 79-88). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00007-0>
- Gorlov, I. F., Giro, T. M., Pryanishnikov, V. V., Slozhenkina, M. I., Randelin, A. V., Mosolova, N. I., Zlobina, E. Y., ve Kulikovskiy, A. V. (2015). Using the fiber preparations in meat processing. *Modern Applied Science*, 9(10), 54-64. <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n10p54>
- Gorsuch, J. P., LeSaint, D., Jones, Z., Bielecki, K., ve Woodruff, P. (2020). Culture medium brand choice impacts colony swarming behavior among industrial *Bacillus* isolates and the accuracy of aerobic plate counts. *Journal of Microbiological Methods*, 172, 105891. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.105891>
- Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Scudino, H., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., Ashokkumar, M., Freitas, M. Q., ve Cruz, A. G. (2019). High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. *Ultrasonics Sonochemistry*, 57, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.05.004>
- Guner, A., Ardic, M., Keles, A., ve Dogruer, Y. (2007). Production of yogurt ice cream at different acidity. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(8), 948-952. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01315.x>
- Gupta, R. S., Patel, S., Saini, N., ve Chen, S. (2020). Robust demarcation of 17 distinct *Bacillus* species clades, proposed as novel Bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *Bacillus* limiting it only to the members of the *subtilis* and *cereus* clades of species. *International Journal of Systematic And Evolutionary Microbiology*, 70(11), 5753-5798. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004475>
- Gürsel, A., ve Karacabey, A. (1998). *Dondurma Teknolojisine İlişkin Hesaplamalar, Reçeteler Ve Kalite Kontrol Testleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güven, M., Berkay Karaca, O. ve Yaşar, K. (2010). Düşük yağ oranlı Kahramanmaraş tipi dondurma üretiminde farklı emülgatörlerin kullanımının dondurmaların özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 35(2), 97-104.
- Güven, M., ve Karaca, O. B. (2002). The effects of varying sugar content and fruit concentration on the physical properties of vanilla and fruit ice-cream-type frozen yogurts. *International Journal of Dairy Technology*, 55(1), 27-31. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00034.x>
- Hagen, M. ve Narvhus, J.A. (1999). Production of ice cream containing probiotic bacteria. *Milchwissenschaft*, 54 (5), 265-268.

- Hagiwara, T., ve Hartel, R. W. (1996). Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. *Journal of Dairy Science*, 79(5), 735-744. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76420-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76420-2)
- Halkman, A. K. (Ed.). (2005). Mikroorganizma analiz yöntemleri. *Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları* (1. Baskı, ss. 89-124) içinde. Başak Press.
- Hammer, B.W. (1915). Bacteriological studies on the coagulation of evaporated milk. *Iowa State College of and Mechanic Arts Agriculture Experiment Station Research Bulletin*, 19, 119-131.
- Han, L., ve Wang, T. (2016). Preparation of glycerol monostearate from glycerol carbonate and stearic acid. *RSC Advances*, 6(41), 34137-34145. <https://doi.org/10.1039/C6RA02912D>
- Harirchi, S., Sar, T., Ramezani, M., Aliyu, H., Etemadifar, Z., Nojoumi, S. A., Yazdian, F., Awasthi, M. K., ve Taherzadeh, M. J. (2022). *Bacillales*: From taxonomy to biotechnological and industrial perspectives. *Microorganisms*, 10(12), 2355. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122355>
- Hashemi, M., Gheisari, H. R., ve Shekarforoush, S. S. (2013). Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus coagulans* in probiotic and low-fat synbiotic ice-creams. *Food Hygiene*, 3(3 (11)), 57-65.
- Hashemi, M., Gheisari, H. R., ve Shekarforoush, S. S. (2015). Evaluation of physicochemical, textural and sensorial characteristics of low-fat or low-sugar synbiotic ice-cream. *Food Hygiene*, 5(2 (18)), 71-81.
- Haynes, I. N., ve Playne, M. J. (2002). Survival of probiotic cultures in low-fat ice-cream. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57(1), 10-14.
- Hekmat, S. ve McMahon, D. J. (1992). Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice cream for use as a probiotic food. *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1415-1422. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77895-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77895-3)
- Hessle, C., Hanson, L. Å., ve Wold, A. E. (1999). *Lactobacilli* from human gastrointestinal mucosa are strong stimulators of IL-12 production. *Clinical & Experimental Immunology*, 116(2), 276-282. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2249.1999.00885.x>
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C. ve Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172-184. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1290756>
- Holzapfel, W.H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J. and Schillinger, U. (2001). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 365-373. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.365s>

- Hong, H. A., Duc, L. H., ve Cutting, S. M. (2005). The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 813-835. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.12.001>
- Hoover, D. G. (2014). *Bifidobacterium*. In C. A. Batt, M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology* (2nd ed., pp. 216-222). Academic Press, Pages. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00033-1>
- Huang, J. S., Bousvaros, A., Lee, J. W., Diaz, A., ve Davidson, E. J. (2002). Efficacy of probiotic use in acute diarrhea in children: a meta-analysis. *Digestive Diseases and Sciences*, 47, 2625-2634. <https://doi.org/10.1023/A:1020501202369>
- Ilansuriyan, P., ve Shanmugam, M. (2018). Rheological, physiochemical and sensory properties of no fat to high fat ice creams samples prepared using stabilizer/emulsifier blends created with liquid and powder polysorbate-80. *International Food Research Journal*, 25(6), 2579-2584.
- İnanç, N. Şahin, H., ve Çiçek, B. (2005). Probiyotik ve Prebiyotiklerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Erciyes Tıp Dergisi*, 27(3), 122-127.
- International Organization for Standardization (2003). *ISO 7889: 2003 (IDF 117: 2003): Yoghurt: Enumeration of characteristic microorganisms: Colony-count technique at 37 degrees° C*. International Organization for Standardization <https://www.iso.org/standard/31880.html>
- Javidi, F, Razavi, S. M. A., Behrouzian, F., ve Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625-633. <http://doi:10.1016/j.foodhyd.2015.08.006>.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., ve Golden, D. A. (2005). Protection of Foods with Low-Temperatures and Characteristics of Psychrotrophic Microorganisms. In *Modern Food Microbiology* (7th ed., pp. 395-413) Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-23413-6_16
- Jeffrey, M. P., Taggart, H. J., Strap, J. L., Edun, G., ve Green-Johnson, J. M. (2020). Milk fermented with *Lactobacillus rhamnosus* R0011 induces a regulatory cytokine profile in LPS-challenged U937 and THP-1 macrophages. *Current Research in Food Science*, 3, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.02.002>
- Jelu-Werk (2021, 21 Mart). Wheat fibre as food additive. <https://www.jelu-werk.com/cellulose/products/plant-fibres/jelucel-wf-wheat-fibre/>
- Joshi, A., Thite, S., Karodi, P., Joseph, N., ve Lodha, T. (2021). *Alkalihalobacterium elongatum* gen. nov. sp. nov.: an antibiotic-producing bacterium isolated from Lonar Lake and reclassification of the genus *Alkalihalobacillus* into seven novel genera. *Frontiers in Microbiology*, 12, 722369. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.722369>
- Juturu, V., ve Wu, J. C. (2016). Microbial production of lactic acid: the latest development. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(6), 967-977. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1066305>

- Juturu, V., ve Wu, J. C. (2018). Production of high concentration of L-lactic acid from oil palm empty fruit bunch by thermophilic *Bacillus coagulans* J12. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 65(2), 145-149. <https://doi.org/10.1002/bab.1567>
- Kabak, B., ve Dobson, A. D. (2011). An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 248-260. <https://doi.org/10.1080/10408390903569640>
- Kalliomäki, M., Salminen, S., Poussa, T., Arvilommi, H., ve Isolauri, E. (2003). Probiotics and prevention of atopic disease: 4-year follow-up of a randomised placebo-controlled trial. *The Lancet*, 361(9372), 1869-1871. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)13490-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13490-3)
- Karaman, N. (2011). *Salep ve bazı stabilizatörlerin maraş dondurmasının çeşitli nitelikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Kaur, H., Kaur, G., ve Ali, S. A. (2022). Dairy-Based Probiotic-Fermented Functional Foods: An Update on Their Health-Promoting Properties. *Fermentation*, 8(9), 425. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090425>
- Kavaz Yuksel, A. (2015). The effects of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) addition on certain quality characteristics of ice cream. *Journal of Food Quality*, 38(6), 413-421. <https://doi.org/10.1111/jfq.12170>
- Kavaz, A. (2012). *Farklı prebiyotik kombinasyonları ile üretilen probiyotik yoğurtların organik asit miktarı, aroma profili ve diğer kalite özelliklerinin tespiti* [Doktora tezi] Atatürk Üniversitesi.
- Kaya, M. (2015). *Sinbiyotik yoğurt üretimi ve reolojik, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Kesenkaş, H., Akbulut, N., Yerlikaya, O., Akpınar, A. ve Açı, M., (2013). Kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1), 1-12.
- Kılıç, S. (1986). *Orisini özellikleri, oranları farklı L. bulgaricus ve S. thermophilus bakterileri içeren sıvı, dondurulmuş ve liyotilize kültürler ile yapılan yoğurtların nitelikleri üzerinde araştırmalar* [Doktora tezi] Ege Üniversitesi.
- Knorr, D. (1998). Technology aspects related to microorganisms in functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 9(8-9), 295-306. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00051-X)
- Kobus-Cisowska, J., Szymanowska, D., Maciejewska, P., Szczepaniak, O., Kmiecik, D., Gramza-Michałowska, A., Kulczyński, B., ve Cielecka-Piontek, J. (2019). Enriching novel dark chocolate with *Bacillus coagulans* as a way to provide beneficial nutrients. *Food & Function*, 10(2), 997-1006. <https://doi.org/10.1039/C8FO02099J>
- Konuray, G., ve Erginkaya, Z. (2018). Potential use of *Bacillus coagulans* in the food industry. *Foods*, 7(6), 92. <https://doi.org/10.3390/foods7060092>
- Konuray, G., ve Erginkaya, Z. (2020). Quality evaluation of probiotic pasta produced with *Bacillus coagulans* GBI-30. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102489. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102489>

- Köroğlu, Ö. (2015). *Kefir dondurması üretimi üzerine bir çalışma* [Yüksek lisans tezi] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Kulaksız, Z. (2015). *Bazı yöresel sütlü tatlılarımızın fonksiyonel özellik kazandırılarak dondurmaya işlenmesi* [Yüksek lisans tezi] Sakarya Üniversitesi.
- Kurultay, Ş., Öksüz, Ö., ve Gökçebağ, Ö. (2010). The influence of different total solid, stabilizer and overrun levels in industrial ice cream production using coconut oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 346-354. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00418.x>
- Kuşçu, H. (2015). *Probiyotik dondurmanın kalite özellikleri üzerine farklı oranlarda prebiyotik lif içeren stevia özü ilavesinin etkisi* [Yüksek lisans tezi] Harran Üniversitesi.
- Kutlu, H. B. (2018). *Yağı azaltılmış dondurma üretiminde yağ ikamesi olarak mikrobiyal transglutaminazdan (MTG) yararlanma olanakları* [Yüksek lisans tezi] Harran Üniversitesi.
- Lakshmi, S. G., Jayanthi, N., Saravanan, M., ve Ratna, M. S. (2017). Safety assesment of *Bacillus clausii* UBBC07, a spore forming probiotic. *Toxicology Reports*, 4, 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.12.004>
- Levine, H., ve Slade, L. (1990). Cryostabilization technology: thermoanalytical evaluation of food ingredients and systems. *Thermal Analysis of Foods*, 221-305.
- Li, P., Tian, W., Jiang, Z., Liang, Z., Wu, X., ve Du, B. (2018). Genomic characterization and probiotic potency of *Bacillus* sp. DU-106, a highly effective producer of L-lactic acid isolated from fermented yogurt. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2216. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02216>
- Lilly, D. M., ve Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659), 747-748. <https://doi.org/10.1126/science.147.3659.747>
- Lim, S. Y., Swanson, B.G., Ross, C. F., ve 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(4), 1308- 1316. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0391>
- Liu, N., Ma, S., Li, L., ve Wang, X. (2019). Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. *Grain & Oil Science and Technology*, 2(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.04.005>
- Lourens-Hattingh, A., ve Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11(1-2), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00036-X)
- Low, R. H. P., Baba, A. S., ve Aboufazli, F. (2015). Effects of different levels of refined cane sugar and unrefined coconut palm sugar on the survivability of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic ice cream and its sensory and antioxidant properties. *Food Science and Technology Research*, 21(6), 857-862. <https://doi.org/10.3136/fstr.21.857>
- Lyon, L. (2018). ‘All disease begins in the gut’: was Hippocrates right?. *Brain*, 141(3), e20-e20. <https://doi.org/10.1093/brain/awy017>

- Majamaa, H., ve Isolauri, E. (1997). Probiotics: a novel approach in the management of food allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 99(2), 179-185. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(97\)70093-9](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(97)70093-9)
- Majeed, M., Majeed, S., Nagabhushanam, K., Natarajan, S., Sivakumar, A., ve Ali, F. (2016a). Evaluation of the stability of *Bacillus coagulans* MTCC 5856 during processing and storage of functional foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(4), 894-901. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13044>
- Majeed, M., Nagabhushanam, K., Natarajan, S., Sivakumar, A., Eshuis-de Ruiter, T., Booij-Veurink, J., Vries, Y. P., ve Ali, F. (2016b). Evaluation of genetic and phenotypic consistency of *Bacillus coagulans* MTCC 5856: a commercial probiotic strain. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(60), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2027-2>
- Majeed, M., Nagabhushanam, K., Natarajan, S., Sivakumar, A., Pande, A., Majeed, S., ve Ali, F. (2016c). A double-blind, placebo-controlled, parallel study evaluating the safety of *Bacillus coagulans* MTCC 5856 in healthy individuals. *J Clin Toxicol*, 6(1), 1000283. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0495.1000283>
- Makki, K., Deehan, E. C., Walter, J., ve Bäckhed, F. (2018). The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease. *Cell Host & Microbe*, 23(6), 705-715. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
- Markowiak, P., ve Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021. <https://doi.org/10.3390/nu9091021>
- Matejčková, Z., Liptáková, D., ve Valík, L. (2017). Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus*. *LWT-Food Science and Technology*, 81, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.018>
- Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., ve Saarela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 173-182. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00099-1)
- Mäyrä-Mäkinen, A., ve Bigret, M. (1993). Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria. In S. Salminen A. V. Wright (Eds.), *Lactic Acid Bacteria* (pp. 65-95). Marcel Dekker.
- Metchnikoff, I. I. (2004) *The Prolongation of Life: Optimistic Studies* (Reprinted ed. of 1907), Springer.
- Meyer, D., ve Blaauwloed, J.P., (2009). İnülin. In G.O. Philips, P.A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (2nd ed., pp. 829-848). Woodhead.
- Milci, S., ve Yaygin, H. (2005). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ve süt ürünlerindeki fonksiyonları. *Gıda*, 30(2), 123-129.
- Mohammadi, R., Mortazavian, A. M., Khosrokhavar, R. ve da Cruz, A. G. (2011). Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties, *Annals of Microbiology*, 61(3), 411-424. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0188-z>
- Moir, A. (2006). How do spores germinate?. *Journal of Applied Microbiology*, 101(3), 526-530. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02885.x>

- Morganti, C. (2020). *Valutazione in vitro di proprietà probiotiche di ceppi di Bacillus clausii* [Yüksek lisans tezi] Pisa Üniversitesi.
- Muse, M. R., ve Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1-10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
- Nag, A. (2011). *Development of a microencapsulation technique for probiotic bacteria Lactobacillus casei 431 using a protein-polysaccharide complex* [Yüksek lisans tezi] Massey University.
- Nicholson, W. L., Munakata, N., Horneck, G., Setlow, P., Melosh, H. J., ve Setlow, P. (2003). Resistance of *Bacillus* Endospores to Extreme Terrestrial and Extraterrestrial Environments. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(3), 548–572. <https://doi.org/10.1128/mmbr.64.3.548-572.2000>
- Nielsen, P., Fritze, D., ve Priest, F.G. (1995) Phenetic diversity of alkaliphilic *Bacillus* strains: proposal for nine new species. *Microbiology*, 141(7), 1745–1761. <https://doi.org/10.1099/13500872-141-7-1745>
- Ognean, M., Darie, N., ve Ognean, C. F. (2006). Wheat fiber as additives in reduced calories wheat bread- part one: dough and bread properties. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 12(1), 37-42.
- Okurkan, M. (2018). *Karamuk (Berberis crataegina) antosiyaninlerinin enkapsülasyonu ve dondurma üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi] Cumhuriyet Üniversitesi.
- Olejnik, A., Lewandowska, M., Obarsa, M. and Grajek, W. (2005). Tolerance of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains to low pH, bile salts and digestive enzymes. *Electronic Journal Polish Agricultural Universities*, 8 (1), 1-12.
- Orla-Jensen, S. (1919). *The lactic acid bacteria*. Fred Host and Son, Copenhagen.
- Ouwehand, A. C., ve Röytiö, H. (2015). Probiotic Fermented Foods And Health Promotion. In W. Holzapfel (Ed.), *Advances In Fermented Foods and Beverages* (pp. 3-22). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-015-6.00001-3>
- Özden, A. (2008). Diğer fermente süt ürünleri. *Güncel Gastroenteroloji*, 12(3), 169-181.
- Özer, D., Akin, S., ve Özer, B. (2005). Effect of inulin and lactulose on survival of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-02 in Acidophilus-bifidus yoghurt. *Food Science and Technology International*, 11(1), 19-24. <https://doi.org/10.1177/1082013205051275>
- Özer, M. S. (1998). *Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları* [Doktora tezi] Çukurova Üniversitesi.
- Öztürk, H. I., Demirci, T., ve Akin, N. (2018). Production of functional probiotic ice creams with white and dark blue fruits of *Myrtus communis*: The comparison of the prebiotic potentials on *Lactobacillus casei* 431 and functional characteristics, *LWT-Food Science and Technology*, 90, 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.049>
- Özsağlam, M. A. (2010). Hayvan beslemede *Bacillus coagulans* bakterisinin probiyotik olarak önemi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 50-57.

- Pandiyan, C., Villi, R. A., Kumaresan, G., Murugan, B., ve Gopalakrishnamurthy, T. R. (2012a). Development of synbiotic ice cream incorporating *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces boulardii*. *International Food Research Journal*, 19(3), 1233-1239.
- Pandiyan, C., Villi, R. A., Kumaresan, G., Murugan, B., ve Rajarajan G. (2012b). Effect of incorporation of inulin on the survivability of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic ice cream. *International Food Research Journal*, 19(4), 1729–1732.
- Park, Y. W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>
- Parker, R. B. (1974). Probiotics, the other half of the antibiotic history. *Animal Nutrition and Health*, 29, 4-8.
- Parvez, S., Malik, K. A., Ah Kang, S., ve Kim, H. Y. (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology*, 100(6), 1171-1185.
- Patel, S., ve Gupta, R. S. (2020). A phylogenomic and comparative genomic framework for resolving the polyphyly of the genus *Bacillus*: Proposal for six new genera of *Bacillus* species, *Peribacillus* gen. nov., *Cytobacillus* gen. nov., *Mesobacillus* gen. nov., *Neobacillus* gen. nov., *Metabacillus* gen. nov. and *Alkalihalobacillus* gen. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(1), 406-438. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003775>
- Permpoonpattana, P., Hong, H.A., Khaneja, R., ve Cutting, S.M. (2012). Evaluation of *Bacillus subtilis* strains as probiotics and their potential as a food ingredient. *Beneficial Microbes*, 3(2), 127-135. <https://doi.org/10.3920/BM2012.0002>
- Pimentel, T. C., de Oliveira, L. I. G., de Souza, R. C., ve Magnani, M. (2022). Probiotic ice cream: A literature overview of the technological and sensory aspects and health properties. *International Journal of Dairy Technology*, 75(1), 59-76. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12821>
- Pintor-Jardines, A., Arjona-Román, J. L., Totosa-Sánchez, A., Severiano-Pérez, P., González-González, L. R., ve Escalona-Buendia, H. B. (2018). The influence of agave fructans on thermal properties of low-fat, and low-fat and sugar ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 93, 679-685. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.060>
- Reid, G. (2002). Probiotics for urogenital health. *Nutrition in Clinical Care*, 5(1), 3-8. <https://doi.org/10.1046/j.1523-5408.2002.00512.x>
- Reid, G., ve Burton, J. (2002). Use of *Lactobacillus* to prevent infection by pathogenic bacteria. *Microbes and Infection*, 4(3), 319-324. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01544-7](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01544-7)
- Ripert, G., Racedo, S. M., Elie, A. M., Jacquot, C., Bressollier, P., ve Urdaci, M. C. (2016). Secreted compounds of the probiotic *Bacillus clausii* strain O/C inhibit the cytotoxic effects induced by *Clostridium difficile* and *Bacillus cereus* toxins. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 60(6), 3445-3454. <https://doi.org/10.1128/AAC.02815-15>

- Roberfroid, M. B. (2005). Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 93(S1), S13–S25. <https://doi.org/10.1079/BJN20041350>
- Rochín-Medina, J. J., Ramírez-Medina, H. K., Rangel-Peraza, J. G., Pineda-Hidalgo, K. V., ve Iribe-Arellano, P. (2018). Use of whey as a culture medium for *Bacillus clausii* for the production of protein hydrolysates with antimicrobial and antioxidant activity. *Food Science and Technology International*, 24(1), 35-42. <https://doi.org/10.1177/1082013217724705>
- Rossa, P. N., Burin, V. M., ve Bordignon-Luiz, M. T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 224-230. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.017>
- Rul, F., (2017). Yogurt Microbiology, Organoleptic Properties and Probiotic Potential. In R. C. Ray, D. Montet (Eds.), *Fermented Foods, Part II: Technological Interventions* (1st ed., pp. 418-450). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315205359>
- Rungsri, P., Akkarachaneeyakorn, N., Wongsuwanlert, M., Piwat, S., Nantarakchaikul, P., ve Teanpaisan, R. (2017). Effect of fermented milk containing *Lactobacillus rhamnosus* SD11 on oral microbiota of healthy volunteers: A randomized clinical trial. *Journal Of Dairy Science*, 100(10), 7780-7787. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12961>
- Saarela, M., Mogensen, G., Fonden, R., Matto, J., ve Mattila-Sandholm, T. (2000). Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *Journal of Biotechnology*, 84(3), 197-215. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00375-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00375-8)
- Sadek, Z. I., El Shafei, K., ve Murad, H. A. (2006). Utilization of xanthan gum and inulin as prebiotics for lactic acid bacteria. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 102(3), 109-114.
- Sağdıç, O., Küçüköner, E. ve Özçelik, S. (2004). Probiyotik ve prebiyotiklerin fonksiyonel özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 221-228.
- Sağdıç, O., ve Arıcı, M. (2021). Gıda Fermantasyonunda Kullanılan Mikroorganizmalar, O. Erkmen (Ed.), *Gıda Mikrobiyolojisi* (6. Baskı, ss. 471-490) içinde. Efil Yayınevi.
- Sahm, H., Antranikian, G., Stahmann, K. P., ve Takors, R. (Eds.). (2013). *Industrielle mikrobiologie*. Springer Spektrum.
- Salem, M. M., Fathi, F. A., ve Awad, R. A. (2005). Production of probiotic ice cream. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*, 14(3), 267-271.
- Salvetti, E., Orrù, L., Capozzi, V., Martina, A., Lamontanara, A., Keller, D., ve Spano, G. (2016). Integrate genome-based assessment of safety for probiotic strains: *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086 as a case study. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 4595–4605. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7416-9>
- Sanders, M. A., ve Lebeer, S. (2020). New names for important probiotic *Lactobacillus* species. *ISAPP News*. <https://isappscience.org/new-names-for-important-probiotic-lactobacillus-species/>

- Sanders, M. E. ve Marco, M. L. (2010). Food formats for effective delivery of probiotics. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 65-85. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100743>
- Sanders, M. E., Morelli, L., ve Tompkins, T. A. (2003). Sporeformers as human probiotics: *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, and *Brevibacillus*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(3), 101-110. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00017.x>
- Sanz, T., Salvador, A., Jimenez, A., ve Fiszman, S. (2008). Yogurt enhancement with functional asparagus fiber, effect of fiber extraction method on rheological properties, color and sensory acceptance. *European Food Research and Technology*, 227, 1515–1521. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0874-2>
- Scott, K. P., Gratz, S. W., Sheridan, P. O., Flint, H. J. ve Duncan, S. H. (2013). The influence of diet on the gut microbiota. *Pharmacological Research*, 69(1), 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2012.10.020>
- Seçkin, A. K., ve Baladura, E. (2012). Effect of using some dietary fibers on color, texture and sensory properties of strained yogurt. *Gıda/The Journal of Food*, 37(2), 63-69.
- Seiler, H. (2010). Foto-Bibliothek für lebensmittelassoziierte aerobe Sporenbildner. *Stammsammlung*. Technische Universität München Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung (ZIEL).
- Sen, M. A., Palabiyik, I., ve Kurultay, S. (2018). The effect of saleps obtained from various Orchidaceae species on some physical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology*, 39(1), 83-87. <https://doi.org/10.1590/fst.26017>
- Setlow, P. (2014). Germination of spores of *Bacillus* species: what we know and do not know. *Journal of Bacteriology*, 196(7), 1297-1305. <https://doi.org/10.1128/JB.01455-13>
- Sezer, E. (2015). *Maraş tipi yoğurt dondurması üretimi üzerine bir araştırma* [Yüksek lisans tezi] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Sezer, E., Ayar, A. ve Yılmaz, S. Ö. (2023). Fermentation of dietary fibre-added milk with yoghurt bacteria and *L. rhamnosus* and use in ice cream production. *Fermentation*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010003>
- Silva, P. D. L., Bezerra, M. F., Santos, K. M. O., ve 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(1/2), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.055>
- Şimşek, E. (2016). *Gobdin ve Bifidobacterium bifidum ilavesiyle üretilen dondurmaların probiyotik raf ömrü ve kalite özelliklerinin tespiti* [Yüksek lisans tezi] Atatürk Üniversitesi.
- Şimşek, O., Tuncay, İ., ve Bilgin, B. (2006). Endüstriyel Dondurma Üretiminde Farklı Stabilizatör Kullanımının Dondurma Kalitesine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 55-63.
- Slavin, J. (2013). Fiber and Prebiotics: mechanisms and Health Benefits (review). *Nutrients*, 5(4), 1417–1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>

- Sorokulova, I. (2013). Modern status and perspectives of *Bacillus* bacteria as probiotics. *Journal of Probiotics & Health*, 1(4), 1–5. <http://dx.doi.org/10.4172/2329-8901.1000e106>
- Soukoulis, C., Lebesi, D., ve Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665-671. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.070>
- Soysal, M. İ. (2012). *Biyometrinin Prensipleri*. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları.
- Sreekumar, G., Krishnan, S. (2010). Isolation and characterization of probiotic *Bacillus subtilis* SK09 from dairy effluent. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(8): 863-866.
- Steinkraus, K. H. (2004). Origin and History of Food Fermentations. In Y. H. Hui, L. Meunier-Goddik, Å. S. Hansen, J., Josephsen, W. K., Nip, P. S. Stanfield, F., Toldrá (Eds.) *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology* (pp. 1-8). Marcel Dekker.
- Surono, I.S., ve Hosono, A. (2011). Fermented Milks | Types and Standards of Identity, In J. W. Fuquay, P. F. Fox ve P. L. H., McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd Edition, vol. 2, pp. 470-476), Son Diego: Academic Press <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00180-1>.
- Suzuki, T., ve Yamasato, K. (1994). Phylogeny of spore-forming lactic acid bacteria based on 16S rRNA gene sequences. *FEMS Microbiology Letters*, 115(1), 13-17. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1994.tb06607.x>
- Syed, Q. A., Anwar, S., Shukat, R., ve Zahoor, T. (2018). Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(6), 422-435. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00305>
- Taşbaşı, K. (2022). *Havuç püresi ilavesinin probiyotik dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri ile Bifidobacterium BB-12'nin canlılığı üzerine etkisi* [Yüksek lisans tezi] Atatürk Üniversitesi.
- Teichert, J., Cais-Sokolińska, D., Danków, R., Pikul, J., Chudy, S., Bierzuńska, P., ve Kaczyński, Ł. K. (2020). Color stability of fermented mare's milk and a fermented beverage from cow's milk adapted to mare's milk composition. *Foods*, 9(2), 217. <https://doi.org/10.3390/foods9020217>
- Temiz, A. (2016) Enzimler. İ. Saldamlı (Ed.), *Gıda Kimyası* (5. Baskı, ss. 319-409) içinde. Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Toneli, J., Park, K., Negreiros, A., ve Murr, F. (2010). Spray-Drying Process Optimization of Chicory Root Inulin. *Drying Technology*, 28(3), 369-379.
- Tonguç, İ. E. (2006). *Probiyotik ayran üretimi üzerine bir araştırma* [Yüksek lisans tezi] Ege Üniversitesi.
- Tunail, N. (2009). *Mikrobiyoloji*. Pelin Ofset.
- Turgut, T. ve Cakmakçı, S. (2009). Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 62(3), 444-451. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00494.x>

- Türk Gıda Kodeksi (2011). *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği*. Resmî Gazete (Tarih: 29 Aralık 2011 Perşembe, Sayı: 28157, 3. Mükerrer). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm>
- Türk Gıda Kodeksi (2013). *Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği*. Resmî Gazete (Tarih: 30 Haziran 2013 Pazar, Sayı: 28693). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.htm>
- Türk Gıda Kodeksi (2017). *Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği*. Resmî Gazete (Tarih: 26 Ocak 2017 Perşembe, Sayı: 29960). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M1-5.htm>
- Türk Gıda Kodeksi (2022a). *Türk Gıda Kodeksi Dondurma Tebliği (Tebliğ No: 2022/13)*. Resmî Gazete (Tarih: 26 Ekim 2022 Çarşamba, Sayı: 31995). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/10/20221026-3.htm>
- Türk Gıda Kodeksi (2022b). *Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2022/44)*. Resmî Gazete (Tarih: 30 Kasım 2022 Çarşamba, Sayı: 32029). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm>
- Türkmen, N. (2019). *Bazı yabani orkide türlerinden elde edilen saleplerin Maraş usulü dondurma üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması* [Doktora tezi] Ankara Üniversitesi.
- Türkmen, N., ve Gürsoy, A. (2017). Fonksiyonel Dondurma, *Akademik Gıda*, 15(4), 386-395. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.370110>
- Üçüncü, M. (2021). *Süt ve Mamülleri Teknolojisi* (7. Baskı). Sidas Medya.
- Urshev, Z., Ninova-Nikolova, N., Ishlimova, D., Pashova-Baltova, K., Michaylova, M., ve Savova, T. (2014). Selection and characterization of naturally occurring high acidification rate *Streptococcus thermophilus* strains. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28(5), 899-903. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.966233>
- Uysal İlter, Z. (2019). *Balkabaklı Dondurmada Farklı Stabilizatörlerin Etkilerinin İncelenmesi* [Yüksek lisans tezi] Sakarya Üniversitesi.
- Vacklavik, V. A., ve Christian, E. W. (2014). *Essentials of Food Science* (4th edition). Springer.
- Villalva, F. J., Cravero Bruneri, A. P., Vinderola, G., Goncalvez de Oliveira, E., Paz, N. F., ve Ramón, A. N. (2017). Formulation of a peach ice cream as potential symbiotic food. *Food Science and Technology*, 37(3), 456-461. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.19716>
- Walstra, P., Wouters, J. T., ve Geurts, T. J. (2005). *Dairy Science and Technology* (2nd ed.). CRC Taylor & Francis.
- Weiss, N., Schillinger, U., ve Kandler, O. (1983). *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus leichmannii* and *Lactobacillus bulgaricus*, subjective synonyms of *Lactobacillus delbrueckii*, and description of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* comb. nov. and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* comb. nov. *Systematic and Applied Microbiology*, 4(4), 552-557. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(83\)80012-5](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(83)80012-5)

- Xavier, J. R., Ramana, K. V., ve Sharma, R. K. (2018). β -galactosidase: Biotechnological applications in food processing. *Journal of Food Biochemistry*, 42(5), e12564. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12564>
- Xavier-Santos, D., Padilha, M., Fabiano, G. A., Vinderola, G., da Cruz, A. G., Sivieri, K., ve Antunes, A. E. C. (2022). Evidences and perspectives of the use of probiotics, prebiotics, synbiotics, and postbiotics as adjuvants for prevention and treatment of COVID-19: A bibliometric analysis and systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 174-192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.033>
- Yao, M., Luo, Y., Shi, J., Zhou, Y., Xu, Q., ve Li, Z. (2014). Effects of fermentation by *Lactobacillus rhamnosus* GG on the antigenicity and allergenicity of four cows' milk proteins. *Food and Agricultural Immunology*, 25(4), 545-555. <https://doi.org/10.1080/09540105.2013.852163>
- Yaşı, B. (2010). *Lactobacillus acidophilus* KPb1 ve *Lactobacillus reuteri* NRRLB-14171 probiyotik kültürlerinin koazervasyon yöntemi ile kaplanması ve dondurmaya ilavesinin kültürlerin canlılık düzeyleri üzerine etkisinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi] Abant İzzet Baysal Üniversitesi.
- Yavaş Sarioğlu, A. (2015). *Düşük kalorili dondurma üretiminde doğal tatlandırıcı olarak stevia ekstraktı kullanımının ürünün kalite kriterleri üzerine etkisi* [Doktora tezi] Ege Üniversitesi.
- Yeo, S. K., Ewe, J. A., Tham, C. S. C., ve Liong, M. T. (2011). Carriers of Probiotic Microorganisms, In M. T., Liong (Ed.), *Probiotics: Biology, Genetics and Health Aspects* (pp. 191-220), Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20838-6_8
- Yılmaz, M., (2002). *Tohum ve toprak örneklerinden Xanthomonas campestris pv. campestris izolasyonu ve bunların Ksantan sakızı üretim yeteneklerinin araştırılması* [Yüksek lisans tezi] Anadolu Üniversitesi.
- Zendeboodi, F., Khorshidian, N., Mortazavian, A. M., & Cruz, A. G. (2020). Probiotic: conceptualization from a new approach. *Current Opinion in Food Science*, 32, 103-123. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.009>
- Zhang, Z., ve Goff, H. D. (2005). On fat destabilization and composition of the air interface in ice cream containing saturated and unsaturated monoglyceride. *International Dairy Journal*, 15(5), 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.014>
- Zhao, D., ve Ding, X. (2008). Studies on the low-salt Chinese potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss.) pickle. I—The effect of a homofermentative L (+)-lactic acid producer *Bacillus coagulans* on starter culture in the low-salt Chinese potherb mustard pickle fermentation. *LWT-Food Science and Technology*, 41(3), 474-482. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.023>
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., O'Toole, P. W. O., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G., ve Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(4), 2782-2858. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

- Znamirowska, A., Szajnar, K., ve Pawlos, M. (2021). Effect of vitamin C source on its stability during storage and the properties of milk fermented by *Lactobacillus rhamnosus*. *Molecules*, 26(20), 6187. <https://doi.org/10.3390/molecules26206187>
- Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K., ve Goff, H. D. (2013). Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. *Journal of Food Science*, 78(12), C1845-C1851. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12248>





EKLER

EK A. Duyusal analiz formu

EK B. *S. clausii*'nin sütte adaptasyon öncesinde ve sonrasında β -galaktozidaz (laktaz, EC 3.1.2.23) enzimi aktivitesindeki değişimin kalitatif olarak incelenmesi



EK A

Panelistin Adı Soyadı:
Cinsiyeti: K / E
Yaşı:

Tarih:

DONDURMA ÖRNEKLERİ DUYUSAL ANALİZ FORMU

Size verilen dondurma örneklerini tadınız. Her bir dondurma örneğini tattıktan sonra tablolarındaki ölçütlere göre değerlendiriniz. Her bir örnek arasında dilinizi temizlemek için ağzınıza bir yudum su alınız.

Değerli vaktinizi ayırıp çalışmamıza destek olduğunuz için teşekkür ederiz.

BÖLÜM 1

Puan	0	1-2	3-4	5	6-7	8-9
Karar	Yok	Çok az/ Çok düşük/ Çok kısa	Az/ Düşük/ Kısa	Ortalama	Fazla/ Yüksek/ Uzun	Çok fazla/ Çok yüksek/ Çok uzun

Kalite kriterleri	Örnek Kodları			
Kaşıқта Uzama				
Buzlu Yapı				
Tatlılık Derecesi				
Ekşilik Derecesi				
Ağızda Erime Süresi				

BÖLÜM 2

Puan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Karar	Çok Kötü	Kötü	Yetersiz	Yeterli	Ortalama	Tatminkâr	İyi	Çok İyi	Mükemmel

Kalite kriterleri	Örnek Kodları			
Renk ve Görünüş				
Yapı ve Kıvam				
Tat ve Koku				
Genel Beğeni				

Şekil A.1. Duyusal analiz formu

EK B



Şekil B.1. Çalışmada kullanılan kültürlerin β -galaktozidaz (laktaz, EC 3.1.2.23) enzimi aktivitesindeki değişimin kalitatif olarak incelenmesi

Kontrol: İnokülasyon yapılmamış örnek, **Örnek 1:** β -galaktozidaz (laktaz, EC 3.1.2.23) aktivitesi göreceli olarak zayıf olan örnek, **Örnek 2:** β -galaktozidaz (laktaz, EC 3.1.2.23) aktivitesi göreceli olarak yüksek olan örnek



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Elif SEZER

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2015, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2012-2015 yılları arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı.
- 2015 yılında Sakarya Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Hâlen aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Sezer, E., Ayar, A. ve Yılmaz, S. Ö. (2023). Fermentation of dietary fibre-added milk with yoghurt bacteria and *L. rhamnosus* and use in ice cream production. *Fermentation*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010003>

DİĞER ESERLER:

- Polat Yemiş, G., Sezer, E., ve Sıçramaz, H. (2022). Inhibitory Effect of Sodium Alginate Nanoemulsion Coating Containing Myrtle Essential Oil (*Myrtus communis* L.) on *Listeria monocytogenes* in Kasar Cheese. *Molecules*, 27(21), 7298.
- Çağrı Mehmetoğlu, A., Sezer, E., ve Erol, S. (2021). Development of antimicrobial whey protein-based film containing silver nanoparticles biosynthesised by *Aspergillus niger*. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 965-973.

- Sezer, E., Ayhan, Z., Çelikkol, T., ve Güner, F. (2017). Zeolit katkılı aktif polietilen ambalaj malzemesinin kivi meyvesinin kalite özellikleri ve raf ömrüne etkisi. *Gıda*, 42(3), 277-286.
- Sezer, E., Ayhan, Z. (2017). Meyve ve sebzelerde etilen tutucu içeren aktif ambalajlama sistemlerinin uygulanması ve raf ömrüne etkisi. *Akademik Gıda*, 15(2), 182-191.
- Sezer, E., İnanc, A. (2013). Gıda sanayinde yüksek basınç uygulamalarındaki besin kayıpları. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(4), 36-43.

