

**MİHALIÇ PEYNİRİNDEN İZOLE EDİLEN
BAZI LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN
FARKLI SÜT EMÜLSİYON SİSTEMLERİNDE
FERMANTASYONUNUN BELİRLENMESİ**

Gökçe KESER



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİHALIÇ PEYNİRİNDEN İZOLE EDİLEN BAZI LAKTİK ASİT
BAKTERİLERİNİN FARKLI SÜT EMÜLSİYON SİSTEMLERİNDE
FERMANTASYONUNUN BELİRLENMESİ**

Gökçe KESER
0000-0003-1611-7847

Prof. Dr. Tülay ÖZCAN
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Gökçe KESER tarafından hazırlanan “MİHALİÇ PEYNİRİNDEN İZOLE EDİLEN BAZI LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN FARKLI SÜT EMÜLSİYON SİSTEMLERİNDE FERMANTASYONUNUN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Tülay ÖZCAN

- Başkan** : Prof. Dr. Tülay ÖZCAN
0000-0002-0223-3807
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR
0000-0002-1951-7937
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Lutfiye YILMAZ ERSAN
0000-0002-8482-5055
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Harun KESENKAŞ
0000-0003-0837-1183
Ege Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı
- Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Ufuk EREN VAPUR
0000-0002-8272-0719
Nişantaşı Üniversitesi,
Sanat ve Tasarım Fakültesi,
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü

.././....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

08/12/2023

Gökçe KESER

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

ÖZET

Doktora Tezi

MİHALIÇ PEYNİRİNDEN İZOLE EDİLEN BAZI LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN FARKLI SÜT EMÜLSİYON SİSTEMLERİNDE FERMANTASYONUNUN BELİRLENMESİ

Gökçe KESER

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tülay ÖZCAN

Bu çalışma kapsamında, geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin, farklı emülsiyon sistemi olarak seçilen yağsız fermente süt ve süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde biyolojik aktivite ve teknolojik etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Fermente süt üretiminde, Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterileri (*Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus*) geleneksel yoğurt starter kültürleri (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ile birlikte kullanılmıştır. Örneklerde fermentasyon ve bakteri aktivitesi ile birlikte, fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikler belirlenmiştir. Ayrıca amino asit, organik asit ve aroma bileşenleri miktarlarındaki biyokimyasal değişimler de incelenmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretiminde, Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterileri (*Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus*) ve tereyağı kültürü (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) birlikte kullanılmıştır. Örneklerin mikrobiyolojik özellikleri ile asitlik gelişimi, renk, tekstür ve duyuşal nitelikleri ve ayrıca depolama boyunca oksidasyon stabilitesi incelenmiştir. Yağ asitleri, organik asit ve aroma bileşenlerindeki değişimin tespiti ile metabolomik etkiler araştırılmıştır.

Sonuç olarak, bileşim olarak farklı özelliklere sahip süt emülsiyonlarında kullanılan otokton bakteri ve ticari kültür simbiyotik sistemlerinde bakteri canlılıklarının biyoterapötik etki düzeyinde olduğu saptanmıştır. Bu bakteriler fermentasyon ve metabolik özellikleri ile çeşitli biyoaktif ve fonksiyonel bileşiklerin oluşumuna ve teknolojik özelliklerin artmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca, peynir matriksi adaptasyonuna sahip otokton kültürlerin farklı süt/gıda sistemlerinde ve karışık kültür içeren ürünlerde değerlendirilmesinin mümkün olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mihaliç Peyniri, Laktik Asit Bakterisi, Fermente Süt, Krema
2023, vii + 301 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION of FERMENTATION of SOME LACTIC ACID BACTERIA
ISOLATED from MIHALIC CHEESE in DIFFERENT MILK EMULSION SYSTEMS

Gokce KESER

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tulay OZCAN

This study aimed to identify the biological and technological activities of lactic acid bacteria isolated from traditional Mihalic cheese in skim fermented milk and milk fat-based spreadable products selected as different emulsion systems.

In the production pattern of skimmed fermented milk, lactic acid bacteria isolated from Mihalic cheese (*Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* and *Lacticaseibacillus rhamnosus*) were used together with traditional yoghurt starter cultures (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*). Fermentation, bacterial activity, physicochemical, textural and sensory properties were determined in the samples. In addition, biochemical changes in the amounts of amino acids, organic acids and aroma compounds were also examined.

In the production of milk fat based spreadable products, lactic acid bacteria (*Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* and *Lacticaseibacillus rhamnosus*) isolated from Mihalic cheese were used together with butter culture (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*). The microbiological properties of the samples, acidity development, color, texture and sensory qualities as well as oxidation stability during storage were examined. Metabolomic effects were investigated by detecting changes in fatty acids, organic acids and aroma components.

As a result, it was determined that bacterial viability in autochthonous bacteria and commercial culture symbiotic systems used in emulsion models with different properties was at the biotherapeutic effect level. These bacteria, with their fermentation and metabolic properties, have contributed to forming various bioactive and functional compounds and increasing technological properties. Additionally, it was concluded that it would be possible to evaluate autochthonous cultures that have cheese matrix adaptation in different milk/food systems and products containing mixed cultures.

Key words: Mihalic cheese, Lactic acid bacteria, Fermented milk, Cream
2023, xi + 301 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Tülay ÖZCAN danışmanlığında tarafımda hazırlanmış ve Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne doktora tezi olarak sunulmuştur. Çalışma da, geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilmiş olan laktik asit bakterilerinin fermente süt ve krema üretiminde kullanımı ile ürünlerin mikrobiyolojik, fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Doktora eğitimim süresince, bana bilgi ve deneyimini aktaran, tüm zorlukların yalnızca gayretli çalışma ile aşılabileceğini öğreten, çalışma sürecimde her zaman desteğini hissettiğim, çıktığım bu yolda sabrını, sevgisini esirgemeyen ve tüm zaman dilimlerinde minnet duyacağım çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Tülay ÖZCAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Eğitimim süresince yanımda olan ve öğrencilerinden ayırmayarak tecrübesi ile bana destek olan değerli hocam Prof. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama, 118C052 no'lu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı kapsamında burs desteği sunan TÜBİTAK'a ve tüm ilgili birimlerine teşekkür ederim. Aynı zamanda proje yürütücüsü olan değerli hocam Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR'a teşekkürlerimi sunarım.

TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı kapsamında sanayi kuruluşu olarak yer alan, gerekli materyaller ve üretim laboratuvarları ile tezi destekleyen Süttaş A.Ş.'ye, tüm bu sürecin yönetilmesinde her türlü kolaylığı sağlayan Ar & Ge ve Teknoloji başkanı Murat ARAT'a, Ar & Ge Merkezi Koordinatörü Özlem KANER'e, Ar & Ge laboratuvar teknikerleri Dilek ÇETİNKAYA, Serap KOŞUCU, Tuba YURDUSEVEN'e ve ayrıca tüm Süttaş A.Ş Ar & Ge çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmama FOA-2022-1074, "Mihaliç Peynirinden İzole Edilen Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Fonksiyonel Kültür Olarak Kullanımının Araştırılması" adını taşıyan proje ile destek sağlayan Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi'ne (BAP) teşekkür ederim.

Tez çalışmamın jüri üyeleri Prof. Dr. Harun KESENKAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Ufuk EREN-VAPUR'a teşekkürlerimi sunarım. Lisans eğitimimden bu yana desteğini her zaman hissettiğim ve birlikte başardık diyebileceğim yegâne yol arkadaşım Gıda Yüksek Mühendisi Melike CİNİVİZ'e teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, Deniz AKSÖZ ve Raziye Aslı KESER'e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca varlıklarından güç aldığım, bana olan inançlarını hiç kaybetmeyen ve her zaman destek olan canım babacığım Hasan KESER, canım anneciğim Gülşen KESER ve kızkardeşlere sahip olmanın en güzel yanlarını yaşatan biricik kızkardeşlerim Sevcan, Gülcan ve Büşranur'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam boyunca tüm tatlı yorgunluklarımı unutturan evimin neşesi Reçel'e, bölümde en küçük destekçim olan Zarife'ye ve hayatıma renk katan tüm can dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Gökçe KESER
08/12/2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
2.1. Geleneksel Peynirler ve Mikroflora	9
2.1.1. Mihaliç peyniri ve özellikleri	12
2.1.2. Türkiye’de geleneksel peynir çeşitleri ve bakteri izolasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar	16
2.1.3. Peynirlerden izole edilen laktik asit bakterileri ve özellikleri.....	20
2.1.4. Laktik asit bakterilerinin geleneksel peynirlerdeki önemi	29
2.2. Emülsiyon Sistemleri ve Fermantasyon.....	38
2.3. Süt Bazlı Emülsiyon Sistemleri	41
2.3.1. Fermente süt sistemi.....	42
2.3.2. Süt yağı esaslı sistemler	52
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	64
3.1. Materyal	64
3.1.1. Bakteri kültürleri	64
3.1.2. Süt tozu	64
3.1.3. Krema.....	64
3.2. Mihaliç peynirlerinden bakteri izolatlarının elde edilmesi	65
3.3. Yöntem.....	67
3.3.1. <i>Levilactobacillus brevis</i> , <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> ve <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> suşları ve bakteri kültürlerinin aktive edilmesi.....	67
3.3.2. Fermente yağsız süt örneklerinin üretimi.....	68
3.3.3. Fermente süt örneklerine uygulanan analizler	70
3.3.4. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretimi	76
3.3.5. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere uygulanan analizler	78
3.3.6. İstatistiksel değerlendirme	83
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	84
4.1. Fermente Süt Örneklerine Ait Analiz Sonuçları	84
4.1.1. Mikrobiyolojik özellikler	84
4.1.2. Fermantasyon ve depolama süresince pH değişimi	94
4.1.3. Titrasyon asitliği	100
4.1.4. Bileşim özellikleri	103
4.1.5. Renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , WI^* , YI^* ve ΔE^*)	104
4.1.6. Su tutma kapasitesi.....	114
4.1.7. Tekstürel özellikler.....	118
4.1.8. Amino asit bileşimi	128
4.1.9. Organik asit bileşimi.....	143
4.1.10. Aroma bileşikleri.....	153
4.1.11. Duyusal özellikler	160
4.2. Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünlerin Analiz Sonuçları	171

4.2.1. Mikrobiyolojik özellikler	171
4.2.2. Fermantasyon ve depolama süresince pH değişimi	181
4.2.3. Titrasyon asitliği	184
4.2.4. Serbest yağ asitliği	187
4.2.5. Peroksit sayısı	191
4.2.6. Bileşim özellikleri	192
4.2.7. Renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , WI^* , YI^* ve ΔE^*)	195
4.2.8. Sıkılık özelliği	205
4.2.9. Yağ asidi bileşimi.....	210
4.2.10. Organik asit bileşimi	226
4.2.11. Aroma bileşikleri.....	234
4.2.12. Duyusal özellikler	240
5. SONUÇ	249
KAYNAKLAR	257

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

kob/g	Koloni oluşturan birim/gram
spp.	Alt tür
biovar.	Biyolojik varyant
g	Gram
mL	Mililitre
kg	Kilogram
mg	Miligram
g/L	Gram/litre
IU	Uluslararası birim
µm	Mikrometre
°C	Santigrat derece
Meq	Miliekivalan
mg/kg	Miligram/kilogram
KOH	Potasyum hidroksit
log ₁₀	10 tabanında logaritma
N	Normalite
HCL	Hidroklorik asit
NaOH	Sodyum hidroksit
% LA	% Laktik asit

Kısaltmalar

Açıklama

AOAC	Association of Analytical Communities (Analitik Topluluklar Birliği)
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans Analizi)
GRAS	Generally Recognized as Safe (Genellikle Güvenilir Kabul Edilen)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
MRS	de Man, Rogosa and Sharpe
PDA	Potato Dextrose Agar
LAB	Laktik asit bakterisi
C	Fermente süt-kontrol
FMB	<i>Levilactobacillus brevis</i> içeren fermente süt
FMP	<i>Lactocaseibacillus paracasei</i> içeren fermente süt
FMR	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> içeren fermente süt
BT	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün-kontrol
BB	<i>Levilactobacillus brevis</i> içeren süt yağı esaslı sürülebilir ürün
BP	<i>Lactocaseibacillus paracasei</i> içeren yağı esaslı sürülebilir ürün
BR	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> yağı esaslı sürülebilir ürün

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Peynirlerin sınıflandırılması	11
Şekil 2.2.	Geleneksel Mihaliç peyniri üretim akış şeması	14
Şekil 2.3.	Laktik asit bakterilerinin homofermentatif ve heterofermentatif metabolizması	22
Şekil 2.4.	Laktik asit bakterilerinde laktoz metabolizması	25
Şekil 2.5.	Laktik asit bakterilerinde pirüvat metabolizması	26
Şekil 2.6.	Laktik asit bakterilerinde sitrat metabolizması	27
Şekil 2.7.	Peynirlerde laktik asit bakteri popülasyonunu etkileyen potansiyel kaynaklar	30
Şekil 2.8.	Peynir üretimi ve olgunlaşma sırasında SLAB ve NSLAB etkileşimleri	32
Şekil 3.1.	Mihaliç peynir örneklerine ait görüntü	65
Şekil 3.2.	Mihaliç peynirlerinden laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve identifikasyonu	66
Şekil 3.3.	İzole kültürlerin aktivasyonu	67
Şekil 3.4.	Fermente süt üretimi deneme deseni	69
Şekil 3.5.	Back ekstrüzyon probuna ait değerlendirme grafiği	73
Şekil 3.6.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretimi deneme deseni	77
Şekil 3.7.	Kesme kuvveti grafiği	81
Şekil 4.1.	Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca <i>Streptococcus thermophilus</i> sayısına ait değişim grafiği	88
Şekil 4.2.	Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> sayısındaki değişim grafiği	91
Şekil 4.3.	Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakteri sayısına ait değişim grafiği	93
Şekil 4.4.	Fermente süt üretimine ait pH profili	95
Şekil 4.5.	Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerlerine ait değişim grafiği	99
Şekil 4.6.	Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca titrasyon asitliğindeki değişim	102
Şekil 4.7.	Fermente süt örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) L^* ; b) a^* ; c) b^*	112
Şekil 4.8.	Fermente süt örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) WI^* ; b) YI^* ; c) ΔE^*	113
Şekil 4.9.	Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesindeki değişim	118
Şekil 4.10.	Fermente süt örneklerinin depolama süresince tekstürel parametrelerine ait değişim grafiği a) sıklık; b) konsistens; c) iç yapışkanlık; d) viskozite indeksi	127
Şekil 4.11.	Fermente süt örneklerindeki genel kabul edilebilirlik değerleri	164
Şekil 4.12.	Fermente süt örneklerindeki satın alma niyeti değerleri	164
Şekil 4.13.	Fermente süt örneklerinin aroma (a) ve tekstürel özelliklerine (b) ait grafik	165
Şekil 4.14.	Fermente süt örneklerinin depolama süresinin 1. ve 21. günlerine ait görüntüleri	166

Şekil 4.15.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin <i>Lactococcus</i> spp. sayılarındaki değişim grafiği	175
Şekil 4.16.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. sayılarındaki değişim grafiği	178
Şekil 4.17.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarındaki değişim grafiği	180
Şekil 4.18.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretiminde kullanılan fermente kremaya ait pH profili	181
Şekil 4.19.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerindeki değişim grafiği	184
Şekil 4.20.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim grafiği	187
Şekil 4.21.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin serbest yağ asitliğine ait değişim grafiği	191
Şekil 4.22.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) L^* ; b) a^* ve c) b^*	203
Şekil 4.23.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) WI^* ; b) YI^* ve c) ΔE^*	204
Şekil 4.24.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sıkılık özelliğine ait değişim grafiği	209
Şekil 4.25.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait genel kabul edilebilirlik değerleri	246
Şekil 4.26.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde satın alma niyetine ait değerler	246
Şekil 4.27.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin hedonik değerlendirme parametrelerindeki değişim	247
Şekil 4.28.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait görüntüler	248

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Dünya’da bazı peynirlerden izole edilen <i>Lactobacillus</i> spp.	34
Çizelge 2.2. Fermente süt çeşitleri	43
Çizelge 2.3. Süt yağı ve sürülebilir yağların sınıflandırılması	54
Çizelge 2.4. Tereyağı standartları	55
Çizelge 3.1. Hammadde krema bileşimi	64
Çizelge 3.2. Mikrobiyolojik analiz ve inkübasyon şartları	70
Çizelge 4.1. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler	85
Çizelge 4.2. Fermente süt örneklerinin <i>Streptococcus thermophilus</i> sayısı LSD testi sonuçları	86
Çizelge 4.3. Fermente süt örneklerinde <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> sayısı LSD testi sonuçları	89
Çizelge 4.4. Fermente süt örneklerinin toplam laktik asit bakteri sayısı LSD testi sonuçları	92
Çizelge 4.5. Fermente süt örneklerinin depolama süresince pH düzeylerindeki değişim	97
Çizelge 4.6. Fermente süt örneklerinin pH değişim LSD testi sonuçları	98
Çizelge 4.7. Fermente süt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği değerlerindeki değişim	100
Çizelge 4.8. Fermente süt örneklerinin titrasyon asitliği değişimine ait LSD testi sonuçları	101
Çizelge 4.9. Fermente süt örneklerinin bileşim özelliklerinin LSD testi sonuçları	103
Çizelge 4.10. Fermente süt örneklerinin renk parametrelerindeki değişim (L^* , a^* ve b^*)	106
Çizelge 4.11. Fermente süt örneklerinin renk parametrelerindeki değişim (WI^* , YI^* ve AE^*)	107
Çizelge 4.12. Fermente süt örneklerinin renk özellikleri (L^* , a^* ve b^*) değişimine ait LSD testi sonuçları	109
Çizelge 4.13. Fermente süt örneklerinin renk özellikleri (WI^* , YI^* ve AE^*) değişimine ait LSD testi sonuçları	110
Çizelge 4.14. Fermente süt örneklerine ait su tutma kapasitesi sonuçları	115
Çizelge 4.15. Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesindeki değişime ait LSD testi sonuçları	116
Çizelge 4.16a. Fermente süt örneklerinin tekstürel özelliklerindeki değişim	120
Çizelge 4.16b. Fermente süt örneklerinin tekstürel özelliklerindeki değişim	121
Çizelge 4.17. Fermente süt örneklerine ait tekstürel özelliklerin LSD testi sonuçları	124
Çizelge 4.18a. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim	131
Çizelge 4.18b. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim	132
Çizelge 4.18c. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim	133
Çizelge 4.19a. Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları	137
Çizelge 4.19b. Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları	138

Çizelge 4.19c.	Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları	139
Çizelge 4.20.	Fermente süt örneklerinde toplam amino asit düzeylerine ait değişim	140
Çizelge 4.21a	Fermente süt örneklerinin organik asit miktarlarındaki değişim	145
Çizelge 4.21b	Fermente süt örneklerinin organik asit miktarlarındaki değişim	146
Çizelge 4.22.	Fermente süt örneklerine ait organik asit konsantrasyonlarının LSD testi sonuçları	152
Çizelge 4.23.	Fermente süt örneklerinin aroma bileşikleri miktarlarındaki değişim	157
Çizelge 4.24.	Fermente süt örneklerine ait organik asit konsantrasyonlarının LSD testi sonuçları	158
Çizelge 4.25.	Fermente süt örneklerinin dış görünüş özelliklerine ait LSD testi sonuçları	167
Çizelge 4.26.	Fermente süt örneklerinin tat ve aroma özelliklerine ait LSD testi sonuçları	168
Çizelge 4.27.	Fermente süt örneklerinin tekstür iç-yapı özelliklerine ait LSD testi sonuçları	169
Çizelge 4.28.	Fermente süt örneklerinin genel kabul edilebilirlik ve satın alma niyeti özelliklerine ait LSD testi sonuçları	170
Çizelge 4.29.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin mikrobiyolojik özelliklerindeki değişim	172
Çizelge 4.30.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin <i>Lactococcus</i> spp. sayılarına ait LSD testi sonuçları	173
Çizelge 4.31.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. sayılarına ait LSD testi sonuçları	176
Çizelge 4.32.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarına ait LSD testi sonuçları	179
Çizelge 4.33.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerindeki değişim	182
Çizelge 4.34.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim	183
Çizelge 4.35.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim	185
Çizelge 4.36.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliğindeki değişimin LSD testi sonuçları	186
Çizelge 4.37.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin serbest yağ asitliği değerlerindeki değişim	188
Çizelge 4.38.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin serbest yağ asitliğindeki değişimin LSD testi sonuçları	190
Çizelge 4.39.	Süt yağı esaslı ürünlerin bazı bileşim özelliklerine ait LSD testi sonuçları	194
Çizelge 4.40.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin renk özelliklerindeki değişim (L^* , a^* ve b^*)	197
Çizelge 4.41.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin renk özelliklerindeki değişim (WI^* , YI^* ve ΔE^*)	198
Çizelge 4.42.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin L^* , a^* ve b^* parametrelerine ait LSD testi sonuçları	200
Çizelge 4.43.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin WI^* , YI^* ve ΔE^*	202

	parametrelerine ait LSD testi sonuçları	
Çizelge 4.44.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin sıklık özelliğindeki değişim	206
Çizelge 4.45.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin sıklık parametresine ait LSD testi sonuçları	207
Çizelge 4.46.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretiminde kullanılan hammadde kremanın yağ asitleri içeriği	211
Çizelge 4.47.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonuna ait ortalama değişim sonuçları	213
Çizelge 4.48a.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları	219
Çizelge 4.48b.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları	220
Çizelge 4.48c.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları	221
Çizelge 4.49.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin kimyasal özelliklerine göre yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları	225
Çizelge 4.50a.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğindeki ortalama değişim sonuçları	228
Çizelge 4.50b.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğindeki ortalama değişim sonuçları	229
Çizelge 4.51.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğine ait LSD testi sonuçları	233
Çizelge 4.52.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin aroma bileşenleri içeriğindeki ortalama değişim sonuçları	235
Çizelge 4.53.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin aroma bileşenlerindeki değişimin LSD testi sonuçları	239
Çizelge 4.54a.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyu özelliklerine ait LSD testi sonuçları	243
Çizelge 4.54b.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyu özelliklerine ait LSD testi sonuçları	244
Çizelge 4.54c.	Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyu özelliklerine ait LSD testi sonuçları	245

1. GİRİŞ

Genel olarak karbonhidratların, mikroorganizmalar tarafından anaerobik katabolizması olarak açıklanan fermantasyon, gıdaların işlenmesinde en eski muhafaza yöntemlerinden birisidir. Farklı bileşim ve emülsiyon sistemlerinden oluşan fermente gıdalar ise, gıda matriksinde bulunan makro ve mikro yapıdaki bileşenlerin biyo-dönüşümü ile, istenilen mikrobiyal gelişme ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda üretilmektedir (Bintsis, 2018; Macori & Cotter, 2018; Marco vd., 2021).

Dünyanın pek çok bölgesinde ve farklı kültürlere sahip insanlar binlerce yıldır, fermente süt ürünlerini tüketmektedir. Artisanal/geleneksel fermente süt ürünlerinin üretimi ve tüketimi, 1990’lardan bu tarihe kadar, esas olarak üretici ülkelerin ve bölgelerin kültürel yönlerinin tanıtılması ve yerel ürünlerin değer kazanması nedeni ile de dünya çapında giderek artmaktadır (Kamimura vd., 2019). Geleneksel olarak üretilmiş fermente süt ürünleri, besin değeri yüksek ve yeterli/dengeli gıdalar olarak tanımlanmalarının yanı sıra, terapötik özelliklere sahip ürünler olarak da kabul edilmektedir (Dehghan vd., 2018). Fermente gıdaların fonksiyonel özellikleri "doğal" olduğu görüşü ve geçmişe dayalı üretimleri ile birleştiğinde, insanların yoğurt, kefir, peynir, ekşi krema, tereyağı vb. süt ürünlerine olan ilgisini daha da arttırmaktadır (Kumar vd., 2015; Jung vd., 2022; Cichonska vd., 2023).

Ülkemizde, 2022 yılı fermente süt ürünleri üretim miktarlarının 1,169,322 ton yoğurt; 766,278 ton ayran; 702,868 ton inek peyniri; 19,872 ton diğer peynirler ve 95,656 ton tereyağı olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2022).

Türkiye’de 2021 yılı kişi başına düşen tüketim miktarlarının, 29 kg yoğurt, 10 kg ayran, 19,6 kg peynir ve 2,15 kg tereyağı olduğu tahmin edilmektedir (Anonim, 2021).

Geleneksel fermente süt ürünleri ve artisanal peynirler, çeşitli laktik asit bakterileri (LAB) ve doğal mikroflorasının varlığı ile tekno-fonksiyonel özellikleri ve sürdürülebilir üretim yaklaşımları açısından araştırılmaktadır. Farklı fonksiyonel etki, biyoaktivite ve fermantasyon yeteneklerine sahip bu bakteriler, süt endüstrisi için mükemmel

metabolomik dönüşüm oluşturan ve nutriomik etkiler yaratan mikrobiyal kaynaklar olarak kabul edilmektedir (Cretenet vd., 2011; McAuliffe, 2018; Shah vd., 2023).

Geleneksel yöntemler ile üretilen fermente süt ürünlerinin önemli bir grubunu, çiğ süttten üretilen peynirler oluşturmaktadır. Bu peynirlerin üretildiği coğrafi bölgenin sahip olduğu ekolojik/biyolojik faktörler ve yöre ile özdeşleşmiş deneyimler geleneksel üretim metotlarının oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Senoussi vd., 2021; 2022).

Peynir, besin değeri yüksek bir süt ürünü olmak ile birlikte Dünya’da ortalama 2000 peynir çeşidinin varlığından bahsedilmektedir. Peynir çeşitliliği üretimde kullanılan süt, hayvanının türü ve cinsi, beslenme koşulları, mevsim ve iklim özellikleri, çiğ süt mikrobiyolojisi, pıhtılaştırma kaynakları/yöntemi ve kullanılan teknolojilerden etkilenmekte ve bununla birlikte peynirlerde esas olarak tekstür ve aromada farklılıklar ile çeşitlilik sağlamaktadır (Meunier-Goddik & Sandra, 2016; Chauhan & Deshmukh, 2022).

Özellikle çiğ süt kullanılarak üretilen geleneksel peynir mikrobiyolojisini oluşturan bakterilerin metabolik aktiviteleri, peynir çeşitliliğinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Bu peynirlerin kalitesi, yönergeleri uygulayan kurumların belirlediği mevzuatlar, üretim yöntemleri ve çevresel etmenler peynirin coğrafi kökeni ile de bağlantılıdır (Valetta vd., 2021). Geleneksel peynirler, endüstriyel teknoloji kullanılarak üretilen peynirlere göre çiğ süt, maya ilavesi, tuzlama, ekipman/malzeme ve olgunlaştırma vb. gibi faktörler açısından daha karmaşık mikrobiyolojeye sahiptirler. Bu anlamda coğrafi köken doğrulanmasında "*mikrobiyota parmak izi*" dikkate alınmaktadır ve bu kompleks bakteriyel sistemdeki belirgin farklılıklar, peynirin kökeninin doğrulanması amacı ile kullanılabilmektedir (Cardin vd., 2022; Erhardt vd., 2023).

Mikroorganizmalar, peynir üretim sürecine starter kültür olarak ya da çiğ süt, tuzlama yöntemi (salamura, kuru tuzlama vb.) mandıra/üretim ortamı ve işleme aşamasında kullanılan tüm ekipmanlar ile dahil olmaktadır. Özellikle çiğ süt kullanılarak üretilen peynirlerin karmaşık mikrobiyolojisi, peynir çeşidinde istenilen özellikleri doğrudan etkilemekte ve dolayısı ile bu da geleneksel peynirlerin karakteristik özelliklerine ve tüketiciler tarafından tercih edilebilirliğine yansımaktadır (Cardin vd., 2022).

Peynir mikroflorasını tanımlamak amacı ile yapılan birçok çalışmada starter laktik asit bakterileri ve starter olmayan laktik asit bakterilerinin ortama hakim oldukları belirlenmiştir (Blaya vd., 2018; Gobetti vd., 2018; Munekata vd., 2023). LAB, geleneksel ve endüstriyel potansiyele sahip, yoğurt ve peynir gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde süt starter kültürleri olarak kullanılmaktadır (Ayivi & Ibrahim, 2022). LAB’i farklı gıda sistemlerinin besleyici özelliklerinin geliştirilmesi, duyuusal özelliklerinin iyileştirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanması ve ayrıca sağlığa olan olumlu özellikleri ile geleneksel fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan önemli mikroorganizma grubunu oluşturmaktadır (Griffith & Tellez, 2013; Steele vd., 2013).

Starter olmayan laktik asit bakterileri ise, çoğunlukla *Lactobacillus* spp. *Pediococcus* spp. *Enterococcus* spp. ve *Leuconostoc* spp.’den oluşmaktadır (Barzideh vd., 2022). Bu bakteriler, biyokimyasal reaksiyonlar ile özellikle olgunlaştırılarak tüketilen peynirlerin çeşitli tat bileşiklerinin ve dolayısıyla peynirin önemli organoleptik özelliklerinin geliştirilmesinde etkili olmaktadır (Settanni & Moschetti, 2010).

LAB’i nin büyük bir kısmı genel olarak oksijeni tolere edebilen, spor oluşturmayan, Gram-pozitif ve fermantasyon ürünü olarak laktik asit üretme yeteneği ile ayırt edilmektedirler. Bu bakteriler fermente süt ve ürünlerinin tekstür, lezzet ve aroma profillerine katkıda bulunarak ürüne tekno-fonksiyonel özellik sağlayan organik biyoaktif maddeleri sentezlemektedir (Savadogo vd., 2007; Quinto vd., 2014). LAB, gıda güvenliğinin sağlanması amacı ile gıda kaynaklı patojenlerin birçoğunu da inhibe edebilen ve gıdaların biyolojik olarak korunmasında etkili olan organik asitler, bakteriyosinler ve antimikrobiyal bileşikler gibi temel metabolitleri de oluşturmaktadır (Sadishkumar & Jeevaratnam, 2017; Hayek vd., 2019; Ayivi vd., 2020).

Son yıllarda, farklı doğal ekosistemlerden ve gıda matrislerinden izole edilen LAB’nin aroma oluşturma ve fermantasyon yetenekleri birçok yeni araştırmaya yön vermektedir. Geleneksel peynirlerden izole edilen LAB’nin kompleks gıda ve farklı emülsiyon sistemlerinde etkilerinin tespit edilmesi amacı ile fermente gıdalarda mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerin incelendiği çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır (Alegría

vd., 2012; De Pasquale vd., 2014; Schornsteiner vd., 2014; Irlinger vd., 2015; Cabral vd., 2016; Margalho vd., 2020).

Geleneksel olarak üretilmiş peynirlerin mikrobiyal popülasyonunun araştırılarak, proteolitik ve lipolitik özelliklerinin farklı bileşim ve yağ içeren süt ürünlerinde gelişim interaksyonları ve bakteri-biyoaktif süt matriksi etkileşimleri açısından incelenmesi gerekmektedir.

Fermente gıda ürünlerinin depolanması sırasında LAB'nin canlılıklarını korumaları da biyolojik etki açısından büyük önem taşımakta ve gıda matriksindeki bileşenlerin yapısı, depolama sıcaklığı, pH, oksijen veya iyonik kuvvet gibi iç ve dış çevresel koşullara (proses, ambalaj vb.) bağlı olmaktadır (Burgain vd., 2014). LAB'nin canlılığının yanı sıra, biyotik (mikrobiyal etkileşimler) ve abiyotik (teknolojik parametreler, pH, su aktivitesi, redoks potansiyeli ve kimyasal bileşim) faktörler arasındaki karmaşık etkileşim ağı ve metabolik interaksyonlar da peynir üretimi sırasında mikrobiyal dengedeki değişiklikleri belirlemektedir (Gobetti vd., 2018).

Gıda matriksleri genel olarak, heterojen bir sistem olarak da tanımlanan, endüstride farklı uygulama alanları ile şekillenen, birbirine karışmayan iki veya daha fazla sıvıyı içeren emülsiyon sistemlerinden oluşmaktadır (Kumar vd., 2022). Geleneksel olarak emülsiyonlar, su içinde yağ (O/W) veya yağ içinde su (W/O) emülsiyonları olarak ikiye ayrılmaktadır. Damlacık boyutlarına göre ise emülsiyonlar; nanoemülsiyonlar, miniemülsiyonlar ve makroemülsiyonlar olarak da sınıflandırılmaktadır (Santana vd., 2013; Chung & McClements, 2014). Ayrıca gelişmiş işleme yöntemleri kullanılarak, fonksiyonel özelliklere sahip yapısal olarak çift ya da karmaşık emülsiyon sistemleri de oluşturulabilmektedir (Chung & McClements, 2014). Bu emülsiyonlar, farklı boyut ve konsantrasyonlara sahip yağ damlacıklarının çeşitli sulu faz bileşenlerinde (biyopolimerler, karbonhidratlar ve tuzlar gibi) dağılması ile oluşan karmaşık kolloidal sistemlerdir (McClements, 2004; Dagleish, 2006; Liang vd., 2013).

O/W emülsiyonları, mayonez, sos, kahve kreması, çikolata, krem şanti, bebek maması, öğün yerine geçen içecekler ve tıbbi beslenme gibi birçok ürününün temelini

oluşturmaktadır (Liang vd., 2017). Sulu fazın, yağ içinde damlacıklar şeklinde dağılması ile yağ içinde su emülsiyonları (W/O) oluşturulmaktadır. Tereyağı, sadeyağ gibi süt ürünlerinin yanı sıra ayrıca margarinler de bu grupta yer almaktadır (Chung & McClements, 2014). Yağ ve suyun temel alındığı emülsiyonlar dışında, geliştirilmiş fonksiyonel özelliklere sahip yapısal olarak çift ya da karmaşık emülsiyon sistemlerinin yanı sıra, yağ içermeyen sistemlerde de katı partiküllerin yardımı ile su/su (W/W) veya su/hava (W/A) gibi emülsiyon sistemleri de gelişmiş işleme yöntemleri kullanılarak oluşturulabilmektedir (Chung & McClements, 2014; Jiang vd., 2023).

Son yıllarda tüketiciler, sürdürülebilir olarak işlenen, geleneksel, güvenli, taze ve doğal kabul edilen, besin değeri yüksek, minimal işlem görmüş, gelişmiş teknolojik ve duyuşal özelliklere sahip gıdaları talep etmektedir (Denghan vd., 2018; van den Oever & Mayer, 2021; Aksöz & Özcan, 2023). Gıda endüstrisinde, tercih edilen ve özellikle canlı mikroorganizma içeren bu ürünlerin, probiyotik içeriklerinin artırılması, canlılıklarının korunması amacı ile prebiyotiklerin ilave edilmesi, postbiyotik oluşumunun desteklenmesi ve ısıl işlemin olumsuz özelliklerinin değiştirilmesi amacı ile alternatif işleme teknolojileri gibi farklı çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak üzere çalışmalar yapılmaktadır (Aksöz & Özcan, 2023).

Günümüzde gıda ve sağlık arasındaki ilişkiye dair farkındalığın artışı ve bunun sonucunda da daha sağlıklı bir yaşam tarzı arayışı, gıda endüstrisinde sürekli yenilikleri zorunlu kılmaktadır. Bu yenilikler, lezzet ile sağlığın bir araya getirildiği fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi ve üretilmesi ile karşılanmaktadır. Fermente süt ürünleri endüstrisi bu anlamda talepler doğrultusunda yenilenerek ilerleme göstermekte ve tüketicilerin farklı tatlar, katkı bileşenleri ve duyuşal deneyimleri tecrübe etmeleri sağlanmaktadır. Bu nedenle, sektör ve üreticiler AR-GE (araştırma ve geliştirme) ve ÜR-GE (ürün geliştirme) çalışmaları ile rekabet gücünü arttıran benzersiz özelliklere sahip ürünler üretmeyi hedeflemektedir. Fermente süt ürünlerindeki son eğilim inovasyonlarının bir parçasını ise uygun starter kültürlerin tek ya da kombinasyonlarının dahil edildiği ürünlerin geliştirilmesi oluşturmaktadır (McAuliffe, 2018).

Ülkemizde süt endüstrisinde ihtiyaç duyulan starter kültürler çoğunlukla yurtdışından karşılanmaktadır. Yurtdışına olan bu bağımlılığın ortadan kaldırılması amacı ile son yıllarda, geleneksel ürünlerin mikrobiyotasının araştırılması üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. Çalışmalarda, starter kültür olarak kullanılabilecek mikroorganizmaların izolasyonu ve identifikasyonu yapılarak gen bankalarının oluşturulması ile ilgili çalışmalar yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla ülkemiz tüketicisi talebine uygun ürünlerin geliştirilmesi, starter kültür olarak kendi kültür koleksiyonumuzdan seçilecek mikroorganizmaların kullanılması ve farklı rasyonel gıda sistemlerindeki uygulamaları başlıca fermente ürün bazlı inovatif yaklaşımlardandır.

Bu tez çalışması kapsamında, geleneksel bir peynir çeşidi olan Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin farklı süt bazlı emülsiyon sistemlerinde teknolojik etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mihaliç peynirinden izole edilen *Levilactobacillus brevis* (Eski adı: *Lactobacillus brevis*), *Lacticaseibacillus paracasei* (Eski adı: *Lactobacillus casei*) ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* (Eski adı: *Lactobacillus rhamnosus*), suşlarının yağsız süt ve süt yağı esaslı sürülebilir ürün sistemlerinde fonksiyonel kültür olarak kullanılabilmek olanağı incelenerek, bakterilerin fermantasyon yetenekleri ve depolama süresince ürünlerin mikrobiyolojik, fiziksel, biyokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri ile teknolojik/fonksiyonel niteliği araştırılmıştır.

İzole edilen mikroorganizmaların, farklı bileşime ve bakteriyel içeriğe sahip süt sistemlerinde (yağsız süt ve krema) metabolik etkilerinin ve simbiyotik etkileşiminin incelenmesi:

1. Yağsız süttten üretilen fermente süt (W/W) sisteminde, ticari yoğurt kültürüne (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ek olarak Mihaliç peynirinden izole edilmiş olan *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* suşları kullanılarak ve depolama süresi boyunca (1. 7. 14. ve 21. gün) teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi,

2. W/W emülsiyon sisteminde fermantasyon ve depolama boyunca bakteri gelişim dinamikleri/canlılığının; Mihaliç peynirinden izole edilmiş bakteriler ile yoğurt kültürleri

arasındaki (*S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve toplam laktik asit bakteri sayıları) simbiyotik etkileşim ile incelenmesi,

3. Depolama süresince ek kültür olarak kullanılan mikroorganizmaların fermente süt sistemindeki etkilerinin; mikrobiyolojik, fizikokimyasal, bileşim (kurumadde, kül ve protein), renk (L^* , a^* , b^* , YI^* , WI^* ve ΔE^*), biyokimyasal, enstrümental tekstür ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi ile incelenmesi,

4. Fermente süt ürünlerinde asitlik gelişimi (pH, titrasyon asitliği) ve jel özelliklerinin (su tutma kapasitesi, sıklık, konsistens, iç yapışkanlık, viskozite indeksi) belirlenmesi ile; pıhtılaşma niteliğinin fermentasyon ve post-asidifikasyon boyunca tespit edilmesi,

5. Fermente süt ürünlerinin, amino asit kompozisyonu, organik asit içeriği ve aroma bileşenlerinin saptanması ile; ilave edilen izole bakterilerin metabolomik etkilerinin belirlenmesi ve biyokimyasal mekanizmaları sonucunda oluşan minör değişikliklerin etkisinin tespit edilmesi,

6. Eğitimli panelist grubu ile depolama süresince fermente sütlerin tekstür, aroma ve tat farklılıklarının tüketici beğeni testleri ile ortaya koyulması,

7. Yağ içinde su emülsiyon sistemi (W/O) olarak üretilen süt yağı esaslı sürülebilir ürün sisteminde, karışık tereyağı kültürüne (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) ek olarak Mihaliç peynirinden izole edilmiş olan bakterilerin (*Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus*) ilave edilmesi ile depolama süresi boyunca (1. 30. 60. ve 90. gün) teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi,

8. W/O emülsiyon sisteminde fermentasyon ve depolama süresi boyunca fermentasyon kinetiklerinin ve Mihaliç peynirinden izole edilmiş bakteriler ile karışık tereyağı kültürü arasındaki interaksiyonların incelenmesi,

9. Depolama süresince ek kültür olarak kullanılan mikroorganizmaların (*L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus*) süt yağı esaslı sürülebilir ürün sistemindeki etkilerinin; mikrobiyolojik (*Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. ve maya-küf sayıları), fizikokimyasal, biyokimyasal, renk (L^* , a^* , b^* , YI^* , WI^* ve ΔE^*), enstrümental tekstür ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi ile belirlenmesi,

10. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin asidite özellikleri (pH, titrasyon asitliği), serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri ile raf ömrü boyunca oksidasyon stabilitesinin incelenmesi,

11. İzole bakterilerin aktivitelerine bağlı biyokimyasal değişimler (organik asitler, aroma bileşenleri ve yağ asitleri kompozisyonu) ile minör bileşenlerin oluşmasında proteomik ve lipidomik etkilerinin araştırılması,

12. Depolama süresince sıklık ve sürülebilirliğin incelenerek asit-jel yapılarındaki modifikasyonun ve tekstürel özelliklerin tespit edilmesi,

13. Duyusal değerlendirmede, süt yağı esaslı ürünlere özgü tanımlanmış terminoloji ile tüketici beğenilerinin, beklentilerinin ve ürünün geliştirilebilir yönlerinin saptanması

ile araştırılmıştır.

Genel olarak bu tez çalışması kapsamında, Mihaliç peynirinden izole edilmiş olan *L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* suşlarının ek kültür olarak ilave edilen ticari kültürler ile birlikte W/W ve W/O süt sisteminde uygulanabilirliğinin araştırılması, istatistiksel değerlendirmeler ile tartışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Geleneksel Peynirler ve Mikroflora

Toplumlarda beslenmenin temelini oluşturan geleneksel gıdalar, bölge ve tarihsel özellikleri kapsayan bilgi, değer ve uygulamaların birleşimi ile kompleks ve dinamik yapıda her çağa adapte edilebilmiştir (Rocillo-Aquin vd., 2021). Geleneksel gıdalar, toplumların mirasının bir parçasıdır ve atalardan kalma bilgi birikiminin nesilden nesile aktarılması ile korunmaktadır. Bu gıda çeşitlerinin önemli bir grubunu ise, geleneksel peynirler oluşturmaktadır (Irlinger ve Mounier, 2009; Fox vd., 2017).

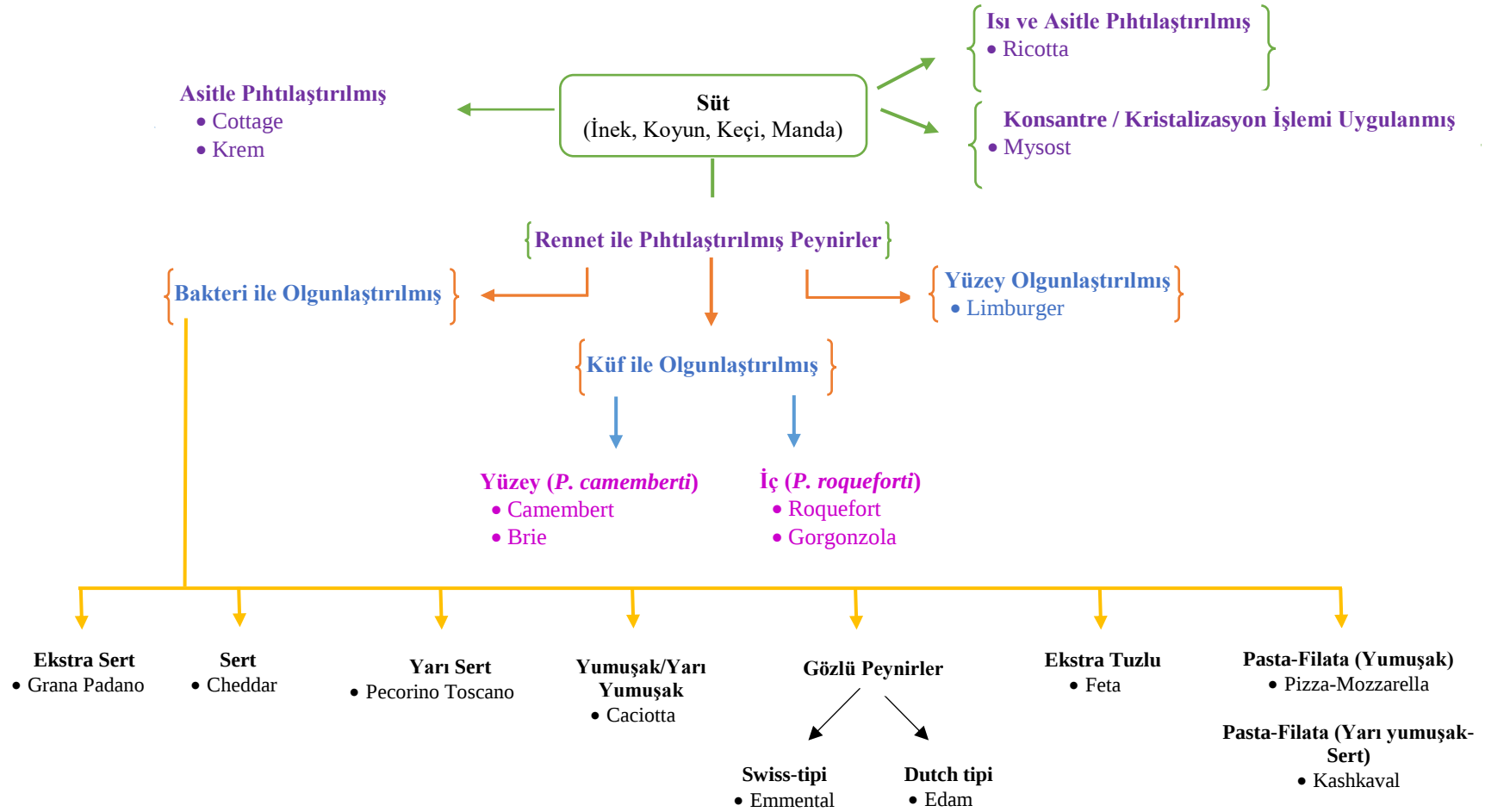
Genellikle çiğ süt kullanılarak ve yöresel yöntemler ile üretilen geleneksel peynirler, tüketiciler tarafından yüksek kabul edilebilirlikleri ve buna bağlı olarak yüksek katma değer yaratmaları nedeni ile önem arz etmektedir (Kamimura vd., 2019; Araújo-Rodrigues vd., 2020). Çiğ süt kullanılarak üretilen peynirler "*Biyoçeşitlilik Faktörleri*" olarak daha iyi bilinen özellikleri ortaya çıkaran menşe bölgesi ile ilişkilendirilmektedir. Bu faktörler, coğrafi konum, iklim, hayvanların beslenmesindeki bitki çeşitliliği, hayvan ırkı ve belirli bir coğrafi bölgeyi karakterize eden biyoçeşitlilik etmenlerinin yanı sıra, kültürel ve tarihi karakteristiklerden oluşmaktadır (Senoussi vd., 2021; 2022). Tüm bu faktörlerin kombinasyonu, bölgesel bir markaya dönüşme potansiyeline sahip geleneksel peynirlerin üretilmesine olanak sağlamaktadır (Barron vd., 2018).

Peynirlerin üretiminde sürdürülebilirliğin sağlanması için, denetleyici kurumlar tarafından, temel özelliklerini korumak ve güvenilirliğini garanti altına almak amacı ile çeşitli yönergeler düzenlenmektedir (Paxson, 2010; Barron vd., 2018). Geleneksel olarak üretilen peynirlerin, coğrafi işaret ve tescil standartları o ülke ve bölgelerde tanımlanarak, geleneksel üretim yapan üreticiler desteklemektedir (Wilkinson vd., 2017; Barron vd., 2018). Bu ürünlerin coğrafi işaretlemelerinin yapılması, gıdanın orijinalliğinin kaybolması ya da değiştirilmesinin engellenmesi, yalnızca üretildiği bölgede değil farklı tüketicilere ulaşması açısından da önemli olmaktadır (Saygılı vd., 2020).

Geleneksel gıdaların temelinde yer alan bir ürün olarak peynir, genel bir ifade ile sütün, peynir mayası ile ya da ekşitilerek (laktik asit bakterileri, organik asitler vb.) pıhtılaştırılması, oluşan pıhtının kesilmesi, şekil verilmesi ve tuzlanması ile elde edilen, taze ya da olgunlaştırılan, tadı, kokusu ve tekstürü kendine özgü olan bir süt ürünüdür. Dünya da farklı proses parametrelerinin uygulanması ile çeşitli peynirler üretilmektedir. Peynirler, hammadde çiğ sütün elde edildiği hayvana, pıhtıya uygulanan işlemlere kurumadde/nem içeriklerine taze veya olgunlaştırma işleminin uygulanmasına göre farklı şekilde sınıflandırılabilir (Şekil 2.1) (Enab vd., 2012; Gibson & Newsham, 2018; Shah vd., 2023).

Türkiye, zengin peynir çeşitliliğine sahip olması ile birlikte henüz üretildiği bölge dışında tanınmamış ve unutulmaya yüz tutmuş birçok farklı peynir çeşitlerini içermektedir. Ülkemizde en çok üretimi ve tüketimi olan peynir çeşitleri Beyaz peynir, Kaşar peyniri ve Tulum peyniri olarak sıralanırken, Ezine peyniri, Mihaliç peyniri, Kars Kaşarı, Edirne Beyaz peyniri, Erzincan Tulum peyniri, Erzurum Civil peyniri ve Diyarbakır Örgü peyniri coğrafi işaretli peynirlerimiz arasında daha çok bilinen geleneksel peynirlerimizdendir. Ayrıca Karaman Divle Obruk, Tulum peyniri, Antep Sıkma peyniri, Antakya Sürk peyniri, Erzurum Küflü Civil peyniri ve Yozgat Çanak peyniri üretildiği bölge halkı tarafından yoğun olarak tüketilen diğer geleneksel peynir çeşitlerindendir (Saygılı vd., 2020; Çakmakçı & Salik, 2021).

Marmara Bölgesi, peynir üretimi açısından güçlü bir süt sanayi potansiyeline sahip bulunmaktadır. Üretim genellikle bölgesel mandıralarda ya da modern fabrikalarda yapılmaktadır. Bu bölgedeki peynir üretimi, Edirne, Çanakkale, Bursa, Tekirdağ, Balıkesir ve Kırklareli illerini kapsamaktadır. Her bölge sanayi düzeyine ve kültürel etmenlere bağlı olarak piyasaya sunduğu peynirlerin çeşit ve üretim miktarlarında farklılık göstermektedir. Marmara Bölgesi'nde, Edirne Beyaz peyniri, Ezine Beyaz peyniri, Bursa Mihaliç peyniri, Abaza peyniri, Kırklareli Beyaz peyniri, Trakya Eski Kaşarı, Çerkez peyniri ve Kaymaklı Lor üretimi yaygın peynir çeşitlerindendir (Sezenler vd., 2007; Hastaoglu vd., 2021).



Şekil 2.1. Peynirlerin sınıflandırılması (Gobetti vd., 2018)

2.1.1. Mihaliç peyniri ve özellikleri

Marmara bölgesinde üretilen peynirlerden biri olan Mihaliç peyniri, Bursa ve Balıkesir bölgesinde geleneksel olarak çiğ koyun sütünden elde edilen, yarı-sert, oldukça tuzlu, açık sarı veya saman sarısı renkte bir peynir çeşididir. Mihaliç peyniri'nin adını Bursa'ya bağlı Karacabey ilçesinin eski adından aldığı, bu bölgede yaklaşık olarak 250 yıldır üretildiği ve tüketildiği bildirilmiştir. Mihaliç peyniri yörelere göre "Mağlıç", "Mahlıç", "Manyas" ve "Kelle" gibi farklı isimler ile de bilinmektedir (Ozcan & Kurdal, 2012; Aday & Karagul Yuceer, 2014). Bununla birlikte Manyas Kelle Peyniri, Balıkesir iline bağlı Manyas iline özgü olarak 2020 yılında mahreç işareti verilmiş peynirlerimizdendir (Anonim, 2020a).

Geleneksel Mihaliç peyniri üretiminde, çiğ ya da pastörize süt, koyun sütü veya inek sütü ile karıştırılarak, "polim" adı verilen ahşap fiçılarda, peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılmakta ve pıhtı pirinç tanesi büyüklüğünde kesilerek 45°C'de haşlanmaktadır. Peynir altı suyunun ayrılması için şiş adı verilen araçlar kullanılmakta ve peynirin karakteristik gözenekli yapısı bu aşamada gerçekleşmektedir. Peynir altı suyu ayrılan pıhtı, 3-5 kg'lık bloklar halinde kesilmekte ve 3 gün % 18 NaCl'de, sonraki 2 gün % 20 NaCl'de ve son olarak 15-30 gün % 22 NaCl salamurada bekletilmektedir. Peynir blokları, içinde tuz bulunan tahta fiçılara yerleştirilmekte, daha sonra peynirler % 20-22 NaCl içeren tuzlu su ile kaplanmakta ve fiçıların kapakları kapatılmaktadır. Peynir soğuk ortamda ve fiçılarda yaklaşık 3 ay olgunlaştırıldıktan sonra tüketilmektedir (Şekil 2.2) (Hayaloğlu vd., 2008; Keser vd., 2021).

Tırpancı-Sivri & Öksüz (2019) geleneksel yöntemle üretilmiş 25 adet Mihaliç peyniri örneğinde MALDI-TOF/MS (matris destekli lazer desorpsiyon/ionizasyon uçuş zamanlı kütle spektrometresi) kullanarak propiyonik asit bakterilerini tanımlamıştır. Peynir örneklerindeki bakterilerin morfolojik özellikleri, gram boyama, katalaz aktivitesi ve pigment üretimi özellikleri belirlenerek 95 adet izolat şeklinde elde edilmiştir. MALDI-TOF/MS ile tanımlamış bu izolatların 21 tanesi propiyonik asit bakterisi olarak belirlenmiştir. Tanımlanan izolatların, *P. freudenreichii* ssp. *freudenreichii* (% 57), *P. freudenreichii* ssp. *shermanii* (% 33) ve *P. thoenii* (% 10) olduğu tespit edilmiştir.

Ozer & Kesenkas (2019), kültür kombinasyonları olarak *Propionibacterium freudenreichii* (*P. freudenreichii*), *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*), *Lactobacillus helveticus* (*L. helveticus*) ve *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* 'in (*Leu. cremoris*) kullanıldığı ve farklı haşlama sıcaklıkları (40°C ve 45°C) ile üretilen Mihaliç peynirlerinin 90 gün olgunlaştırılmasından sonra besin kompozisyonu, asitlik, proteoliz, lipoliz, mikrobiyal gelişim ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, 40°C'de haşlama yapılan peynirlerin lipoliz düzeyinin daha yüksek olduğu, kontrol grubuna kıyasla starter kültür kullanımının peynirlerin özelliklerini geliştirdiği, olgunlaşmaya olumlu katkıda bulunduğu ve daha fazla tercih edilebilir duyuşal sonuçlara sahip olduğu belirtilmiştir.

Mihaliç peyniri ile ilgili yapılan çalışmalarda, 6 aydan daha fazla olgunlaştırılmış ve farklı üretici/bölgelerden temin edilmiş 15 farklı Mihaliç peynirinde, pH, titrasyon asitliği, tuz, yağ ve kurumadde miktarları sırası ile 5,51, % 0,56, % 5,92, % 27,4 ve % 60,4 olarak saptanmıştır (Aday & Karagul Yuceer, 2014).

Solak & Akin (2013) yaptıkları çalışmada, pastörize edilmiş süte starter kültür ilavesi sonrasında, geleneksel olarak üretilmiş kontrol grubundan oluşan Mihaliç peynirlerinde 90 gün olgunlaştırma sonunda, pH, yağsız kurumadde, yağ ve tuz miktarlarını sırası ile 4,65-5,01, % 21,55-30,80, % 24-31,50, % 1,515-11,570 arasında olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 2.2. Geleneksel Mihaliç peyniri üretim akış şeması (Aday & Karagul-Yuceer, 2014)

Ozcan & Kurdal (2012)'ın yaptığı çalışmada, Mihaliç peynirlerinde olgunlaştırmayı hızlandırmak amacı ile *Mucor miehei* kaynaklı lipaz ve *Bacillus subtilis* kaynaklı proteaz ve *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* ve *L. lactis* subsp. *diacetylactis* kültür kombinasyonunun kullanımı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, proteaz ve lipazın birlikte ilavesi ile daha iyi duyuşal özellikler saptanmıştır. Peynirlerin toplam bileşimlerinin enzim türüne ve olgunlaşma süresine göre değiştiğı ve tüm peynirlerin asitlik derecesinin olgunlaşma ile birlikte doğrusal bir artış gösterdiği bildirilmiştir. Peynirlerin olgunlaştırılmasına katkıda bulunmak amacı ile lipaz ve proteaz enzimi ile birlikte ısıtılma ilaveten mezofilik aromatik starter kültürlerin kullanılabileceğı belirtilmiştir.

Keser vd. (2021)'nin Bursa ve Balıkesir bölgesindeki yerel üreticilerden toplanan Mihaliç peynirlerinde yaptıkları çalışmada, tuz konsantrasyonundaki artışa bağılı olarak toplam kurumaddenin belirgin derecede arttığı tespit edilmiştir. Geleneksel üretimde farklı starter kültürlerin bulunmasının, proteolitik aktivitede de değişimler yaratarak peynirin sertlik parametresinde farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca panelistler tarafından yüksek sertlik ve tuz içeriğine sahip peynirlerin duyuşal kabul edilebilirliğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Mihaliç peynirinden izole edilen *Limosilactobacillus fermentum* (*L. fermentum*), *Lacticaseibacillus paracasei* (*L. paracasei*), *Lacticaseibacillus rhamnosus* (*L. rhamnosus*), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ve *Lactococcus lactis* (*Lc. lactis*) suşlarının biyolojik *detoksifikasyon* etkisi farklı gruplarda yer alan bazı pestisitlerin biyolojik yıkımı üzerine olan etkileri ile İstanbullu vd. (2022) tarafından incelenmiş ve yürütölen çalışmada izole edilmiş LAB'nin, bazı pestisitlerin yıkımına olan etkileri suş bazında belirlenmiştir. *L. fermentum*, *L. paracasei*, *L. rhamnosus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Lc. lactis* suşlarının tüm pestisitlerde yıkım oranını kontrol grubuna kıyasla anlamlı ölçüde arttırdığı ve sürenin bu yıkıma olumlu etkide bulunduğı tespit edilmiştir. İzole edilen suşlardan *L. fermentum*'un 48 saat sonunda pestisitlerde en fazla yıkım oluşturduğu bildirilmiştir.

Özdemir vd. (2004) Bursa, Balıkesir ve Çanakkale bölgelerinden toplanan 20 adet Mihaliç peynir örneğinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine incelemeler yapmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, peynir örneklerinde ortalama laktik asit bakteri sayısını 5,41 kob/g ve toplam aerob mezofilik bakteri sayısı 7,26 kob/g olarak belirlemiştir.

Çiğ ve pastörize sütün üretilen Mihaliç peynirlerini olgunlaşma boyunca mikrobiyolojik olarak inceleyen Bulut (2006) pastörize süt ve kültür kullanarak ürettiği Mihaliç peynirlerinde toplam mezofilik canlı mikroorganizma sayısını 1. ve 90. gün sırası ile $3,8 \times 10^8$ - $9,6 \times 10^8$ kob/g olarak tespit etmiştir. Toplam mezofilik laktik asit bakterisi sayısı $9,3 \times 10^6$ - $4,6 \times 10^7$ kob/g, toplam termofilik laktik asit bakteri sayısı $1,0 \times 10^9$ - $1,2 \times 10^9$ kob/g, propiyonik asit bakteri sayısı $1,2 \times 10^8$ - $6,6 \times 10^8$ kob/g olarak belirtilmiştir. Çiğ sütün üretilen Mihaliç peynirinde ise olgunlaşma süresinin 1. ve 90. günlerindeki toplam mezofilik canlı mikroorganizma sayısı için $3,7 \times 10^9$ - $1,7 \times 10^9$ kob/g, toplam mezofilik laktik asit bakterisi sayısı $1,2 \times 10^8$ - $8,6 \times 10^7$ kob/g, toplam termofilik laktik asit bakteri sayısı $1,9 \times 10^9$ - $9,2 \times 10^8$ kob/g ve propiyonik bakteri sayısı $7,0 \times 10^8$ - $2,5 \times 10^8$ kob/g olarak saptanmıştır.

2.1.2. Türkiye’de geleneksel peynir çeşitleri ve bakteri izolasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar

Artisanal peynirler, çiğ sütün sahip olduğu doğal mikroflora sayesinde karakteristik organoleptik özellikler sunmaktadır (Gonzalez-Cordova vd., 2016; Campagnollo vd., 2018). Artisanal peynir üretiminde kullanılan çiğ sütün sahip olduğu bu mikroflora, bakteriler, mayalar ve küflerden oluşmaktadır. Özellikle LAB’i ise çiğ sütte hakim florayı oluşturmaktadır (Rangel-Ortega vd., 2023).

Türkiye’de üretilen peynirlerdeki mikrobiyal floranın tanımlanması amacı ile yapılan çalışmalarda, Dağdemir (2006), salamura Beyaz peynirlerden izole ettiği LAB suşlarının bazı özelliklerini inceleyerek seçilen suşların starter kültür olarak kullanılma imkanını araştırmıştır. İzole ettiği LAB’lerin % 46,62’sinin *Lactobacillus*, % 45,50’sinin *Enterococcus*, % 4,49’unun *Pediococcus*, % 1,68’inin *Lactococcus* ve % 1,68’inin *Leuconostoc* cinsi suşlardan oluştuğunu; tür bazında ise, en fazla *Enterococcus faecalis*

(*E. faecalis*) (44 suş), *E. faecium* (32 suş) ve *L. fermentum* (35 suş) türü suşların olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca bu çalışmada *Enterococcus* suşlarının proteolitik aktivitelerinin genel olarak *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* ve *Leuconostoc* suşlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *E. faecalis* ve *L. casei* türlerinden bazıları peynir üretiminde kullanılmış ve *E. faecalis* ve *L. casei* suşlarının yarım yağlı Beyaz peynir üretiminde starter ve yardımcı starter kültür olarak kullanılabileceği saptanmıştır.

Yüksekdağ & Beyatlı (2009)'nın, Kefir, Kaşar peyniri, Beyaz peynir ve sucuk örneklerinden elde edilen LAB izolatlarının tanımlanması amacı ile yaptıkları çalışmada, kefir örneklerinden; 13 adet laktik asit bakterisi izole edilmiştir. Biyokimyasal testler sonucunda izolatların, *L. helveticus*, *L. brevis*, *L. casei*, *Lc. lactis*, *S. thermophilus*, *S. durans*, *Lc. cremoris* ve *Lc. lactis* olduğu tanımlanmıştır. Beyaz peynir, Kaşar peyniri ve Sucuk örneklerinden izole edilen toplam 23 adet LAB'nin % 8,70'i *Leuconostoc* spp., % 8,70'i *Lactococcus* spp., % 17,39'u *Lactobacillus* spp. ve % 65,21'i *Pediococcus* spp. olduğu belirlenmiştir.

İşleyici & Akyüz (2009) Van Otlı peynir örneklerinin duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini gerçekleştirirken, aynı zamanda bu peynirlerden Otlı peynir üretiminde starter kültür olarak kullanılabilecek laktik asit bakterilerini de tespit etmişlerdir. Otlı peynir örneklerinden, *L. plantarum* (3,01 log₁₀ kob/g), *L. pseudoplantarum* (0,90 log₁₀ kob/g), *L. casei* (2,15 log₁₀ kob/g), *L. tolerans* (1,45 log₁₀ kob/g), *L. delbrueckii* spp. *lactis* (2,81 log₁₀ kob/g), *L. delbrueckii* spp. *bulgaricus* (1,90 log₁₀ kob/g), *L. delbrueckii* spp. *delbrueckii* (0,24 log₁₀ kob/g), *L. fermentum* (0,69 log₁₀ kob/g), *L. helveticus* (1,20 log₁₀ kob/g), *L. büchnerii* (0,35 log₁₀ kob/g), *L. brevis* (0,91 log₁₀ kob/g), *L. rhamnosus* (0,22 log₁₀ kob/g), *Leuconostoc* spp. (2,83 log₁₀ kob/g), *Pediococcus* spp. (2,94 log₁₀ kob/g), *E. faecalis* (1,50 log₁₀ kob/g), *E. faecium* (1,50 log₁₀ kob/g), *Lc. lactis* ssp. *lactis* (2,81 log₁₀ kob/g), *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* (0,65 log₁₀ kob/g) ve *Lc. lactis* ssp. *cremoris* (0,92 log₁₀ kob/g) türleri izole edilmiştir. Sonuç olarak, duyuşal özellikler üzerinde olumlu etkilerde bulunan *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *L. casei*'nin alt türlerinden herhangi birisi ile *E. faecium* ve *Lc. lactis* spp.

lactis biovar. *diacetylactis*'in Otlu peynir üretiminde starter kültür olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Elçioğlu (2010) Kargı Tulum peynirinden izole edilen LAB'nin starter kültür olarak kullanılabilecek özelliklerini araştırmıştır. 7 adet Kargı Tulum peynirinden toplam 96 LAB izolatu elde edilmiştir. İzolatları, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. paracasei* subsp. *paracasei*, *L. pentosus*, *L. fermentum*, *L. curvatus* subsp. *curvatus*, *L. rhamnosus*, *E. durans*, *E. faecium*, *S. thermophilus*, *S. mitis* ve *S. equinus*'a ait olarak tanımlanmıştır. *L. plantarum*, *E. durans*, *E. faecium* suşlarının, yüksek asit üretme yetenekleri ve asidik pH değerlerine dirençli olmaları nedeni ile Tulum peynirinin üretiminde starter kültür olarak kullanımına uygun olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak *L. pentosus*, *L. plantarum*, *E. faecium* ve *L. brevis* suşlarının güçlü proteolitik aktiviteye sahip olmaları, asidik pH değerlerine dirençli olmaları ve/veya diasetil üretmeleri ile de starter kültür olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir. *L. brevis*, *L. paracasei* subsp. *paracasei* ve *E. faecium*'un, % 1-3 safra tuzu, pH 1-3, oksijen varlığı/yokluğu dayanıklılıkları ve bazı antibiyotiklere dirençli olmaları gibi özelliklerinden dolayı probiyotik kültür olarak değerlendirilebileceği de belirtilmiştir.

Kırmacı (2010) Urfa peynirlerinden izole ettiği LAB'ların starter kültür olarak kullanım olanaklarını incelediği çalışmada, 143 izolatu *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp., ve *Leuconostoc* spp.'e ait olduğu belirlenmiştir. Baskın tür olarak tespit edilen *Enterococcus* spp.'nin % 40,0'ının *E. faecium*, % 32,8'inin *E. durans*, % 18,5'inin *E. faecalis*; *Lactococcus* spp.'nin % 62,71'inin *Lc. lactis* spp. *lactis*, % 30,50'sinin ise *Lc. garvieae* olduğu tespit edilmiştir. Teknolojik özellikleri belirlendikten sonra 3 *Lactococcus* izolatu (*Lc. lactis* spp. *lactis*, *Lc. garvieae*, *Lc. lactis* spp. *cremoris*) starter kültür olarak kullanarak Urfa peyniri üretilmiştir. Duyusal değerlendirmeler sonucunda deneme peynirinin geleneksel olarak üretilen peynirlerden görünüş, renk ve koku yönünden daha üstün, ancak aroma yönünden daha zayıf olduğu belirlenmiştir.

Korucu (2012) tarafından yapılan çalışmada, Elazığ ilinde satışa sunulan Tomas peynirlerinde, 20 adet basil ve 25 adet kok şeklinde laktik asit bakterisi izole edilmiştir.

Tanımlama sonuçlarına göre toplam 16 izolat *E. faecium*, 8 izolat *Lc. lactis* subsp. *lactis*, 6 izolat *L. paracasei* subsp. *paracasei*, 5 izolat *L. plantarum*, 5 izolat *L. brevis*, 2 izolat *L. collioides*, 2 izolat *L. curvatus* ve 1 izolat da *L. salivarius* olarak belirlenmiştir.

Yıldız (2013) Balıkesir yöresindeki peynirlerden (Ayvalık Cunda Sepet Peyniri, Balıkesir Tulum Peyniri, Edremit Sepet Peyniri, Balıkesir Mihaliç peyniri, Manyas Kelle Peyniri, Balıkesir Sepet Peyniri) izole edilen 15 adet laktik asit bakterisinin starter ve probiyotik özelliklerini (teknolojik ve fonksiyonel özellikler, farklı tuz ve pH konsantrasyonlarında gelişme yetenekleri, laktik asit üretim yetenekleri, antimikrobiyal aktiviteleri, antibiyotik duyarlılıkları, antioksidan ve antikolesterol aktiviteleri, ekzopolisakkarit üretebilme yetenekleri) belirlemiştir. 16S rRNA analizi sonucu bu suşların *Lactobacillus* spp. bakteri suşlarından *L. rhamnosus*, *L. brevis*, *L. helveticus* ve *L. fermentum*'a ait olduğu belirlenmiştir.

Ertürkmen & Öner (2015) çiğ süttten üretilmiş 7 adet Beyaz peynir örneğinden toplam 145 koloni izole etmiş bunların 77 adedine biyokimyasal identifikasyon yöntemleri ve Gram-pozitif ID test kiti uygulamışlardır. Bu izolatlar *Lactococcus* spp., *Enterococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp. olarak belirlenmiştir. *Lactococcus* spp. olarak tanımlanmış izolatların, *Lc. lactis* spp. *lactis*, *Lc. lactis* spp. *cremoris* olarak belirlenmiştir. *Enterococcus* spp. izolatından *E. faecalis*, *E. durans*, *E. avium*, *P. pentosaceus*, *E. faecium* ve *E. solitarius* olarak tanımlanmıştır. *Lactobacillus* spp. izolatları *L. plantarum*, *L. curvatus* ve *L. jensenii* olarak tespit edilmiştir. Değerlendirme sonucunda, Beyaz peynirde baskın olan florayı *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. grubu laktik asit bakterilerinin oluşturduğu bildirilmiştir. İdentifikasyonu yapılan 77 bakterinin asit üretme yeteneği, proteolitik ve dekarboksilaz aktivitesi, antibiyotik duyarlılığı, organik asit üretimi ve aroma maddeleri oluşturma özellikleri belirlenmiştir. Belirtilen değerlendirmelere göre seçilen *Lactococcus* izolatlarından; *Lc. lactis*, *Lactobacillus* izolatlarından; *L. jensenii* ve *L. plantarum*, *Enterococcus* izolatlarından; *E. durans*, *E. faecium* ve *E. faecalis* izolatlarının en iyi starter kültür aktivite özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Akoğlu vd. (2017)'nin yaptığı çalışmada, Mengen peynirinden izole edilen LAB'nin starter kültür özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada 50 adet Mengen peynirinden toplam 117 adet LAB'i izole edilmiştir. Bu bakteriler *Enterococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. olarak saptanmıştır. Ayrıca elde izolatların asidifikasyon ve proteolitik aktiviteleri de tespit edilmiştir. En iyi asidifikasyon ve proteolitik aktiviteye sahip suşlar, *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp. ve *Weissella* spp. olarak belirlenmiştir. 15 adet *Enterococcus* spp. izolatından; 9'u *E. faecium*, 4'ü *E. faecalis* ve 2'si *E. durans*; 5 adet *Lactococcus* spp. izolatından, 3'ü *Lc. lactis* subsp. *lactis*, 2'si *Lc. garvieae* olarak tanımlanmıştır. *Lactobacillus* spp. ve *Weissella* spp. olarak belirlenen suşların ise sırasıyla *L. casei* ve *W. viridescens* olduğu tespit edilmiştir.

Geleneksel peynirlerin teknolojik ve duysal özellikleri, LAB'inin sahip olduğu metabolomik ve biyoteknolojik özellikleri ile üretilen bileşikler ile şekillenmektedir (Gobbetti vd., 2018; Tilocca vd., 2020). LAB profilleri peynir çeşidine, üretim süreçlerine ve olgunlaşma koşullarına göre de değişiklik göstermektedir (Kamimura vd., 2019; Araújo-Rodrigues vd., 2020; Tilocca vd., 2020).

2.1.3. Peynirlerden izole edilen laktik asit bakterileri ve özellikleri

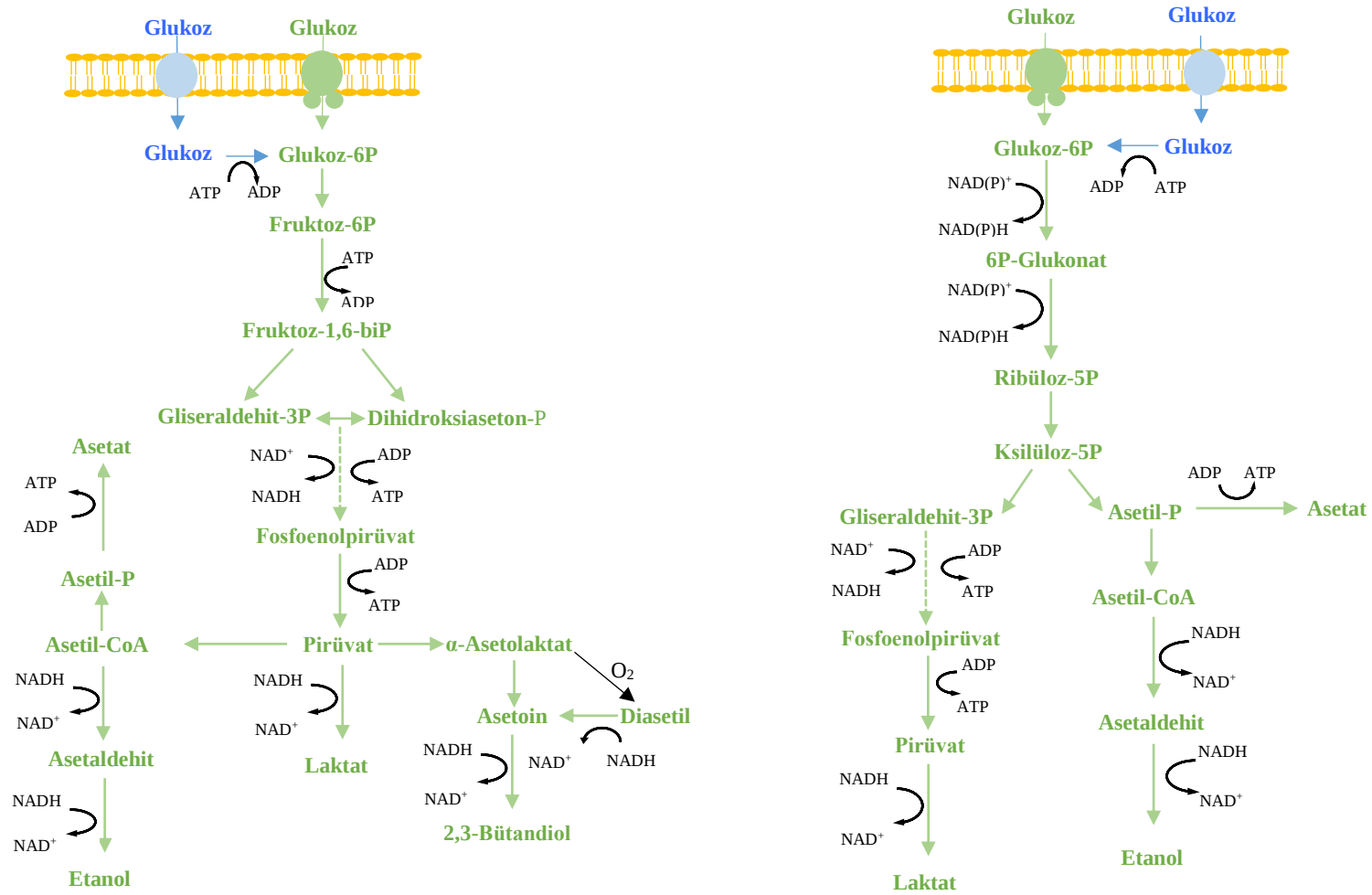
LAB'i, gıda endüstrisi ve biyoteknolojide kullanım alanı bulunan en önemli mikroorganizma grubu olarak süt ürünleri üretiminde starter kültür olarak tercih edilmektedir (Quinto vd., 2014). LAB'i, karbonhidratları metabolize ederek birincil olarak laktik asit üretebilen, filogenetik olarak birbirine benzer, birçok farklı mikroorganizmaları içeren bakteri grubunu oluşturmaktadır (Mozzi, 2016; Stefanovic vd., 2017). Genel olarak LAB'i, Gram pozitif, katalaz negatif, çubuk veya kok şeklinde, spor oluşturmayan, hareketsiz, anaerob veya mikroaerofilik özellik göstermektedir. Genellikle pH 4,5-7,0'deki ortamlarda kolaylıkla gelişebilmektedirler ve 10-45°C gibi geniş bir sıcaklık spektrumunda çoğalabildikleri için birçok fermente gıda üretiminde aktif rol oynamaktadırlar (Khalid, 2011; Liu vd., 2014; Garbacz, 2022).

LAB'i "genel olarak güvenli" (GRAS) olarak ifade edilmektedir (Hempel vd., 2011; Bourdichon vd., 2012). Ayrıca bu gruptaki mikroorganizmaların büyük çoğunluğu

tüketici sağığının iyileştirilmesine katkıda bulundukları için probiyotik özelliklere sahip bakteriler olarak da kabul edilmektedir (Hill vd., 2014). Probiyotikler "yeterli miktarlarda alındığında konakçıya yarar sağılayan canlı mikroorganizmalar" olarak tanımlanmaktadır (Hill vd., 2014). Probiyotik LAB ile zenginleştirilmiş fermente gıdaların tüketimi, canlı mikrobiyal hücrelerin doğrudan (probiyotik etki) veya fermentasyon sırasında probiyotik bakteriler tarafından üretilen ikincil metabolitlerin dolaylı etkileri (postbiyotikler) ile bireylerin sağığının korunmasında önemli rol oynamaktadır (Hayes vd., 2007; Divya vd., 2012; Muhammad vd., 2018).

LAB'i, fermentasyon ortamı, gelişme sıcaklıkları ve karbonhidratları kullanabilme yeteneklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Taksonomik sınıflandırmaya göre LAB, *Firmicutes* filumuna, *Bacilli* sınıfına ve *Lactobacillales* takımına aittir. En çok bilinen cinsleri; *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactococcus* ve *Streptococcus*'tur. Diğer cinsleri arasında; *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weissella* bulunmaktadır. *Bifidobacterium* türleri, resmi olarak *Lactobacillales* takımına ait olmasalar da, laktik asit sentezleme yetenekleri nedeni ile LAB içinde sınıflandırılmaktadır (Khalid, 2011; Quinto vd., 2014).

LAB'i, fermentasyon ürünlerine göre ise homofermentatif ve heterofermentatif olarak ikiye ayrılmaktadır. Homofermentatif LAB'i (*Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* ve bazı *Lactobacillus* spp.) karbonhidratları Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP) yolu ile fermentasyonun birincil ürünü olan laktik aside dönüştürmektedirler. Heterofermentatif LAB'i ise (*Leuconostoc*, *Oenococcus* ve bazı *Lactobacillus* spp.) fosfoketolaz (Pentoz fosfoketolaz ya da 6-fosfoglukonat) yolu ile laktik asitin yanı sıra asetik asit, alkol ve karbon dioksit gibi diğer metabolitleri de oluşturmaktadırlar (Şekil 2.3) (Widyastuti & Febrisiantosa, 2014; Bintsis, 2018).



Şekil 2.3. Laktik asit bakterilerinin homofermentatif ve heterofermentatif metabolizması (Gaspar vd., 2013).

Fermantasyon metabolizması (homolaktik veya heterolaktik) taksonomik sınıflandırmada önemli bir ayrımdır. *Leuconostoc*, *Oenococcus* ve *Weissella* spp.'nin yanı sıra *Lactobacillus buchneri* (*L. buchneri*), *Lactobacillus brevis* (*L. brevis*), *Lactobacillus fermentum* (*L. fermentum*) ve *Lactobacillus reuteri* (*L. reuteri*) gibi bazı *Lactobacillus* türleri zorunlu heterofermentatif özellik göstermektedirler. *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*), *Lactobacillus delbrueckii* (*L. delbrueckii*), *Lactobacillus helveticus* (*L. helveticus*) ve *Lactobacillus salivarius* (*L. salivarius*) ve diğer *Lactobacillus* spp. ise zorunlu homofermentatiftir ve pentozları metabolize edemezler. *Lactobacillus casei* (*L. casei*), *Lactobacillus curvatus* (*L. curvatus*), *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*), *Lactobacillus sakei* (*L. sakei*) ve çoğu LAB, heksozları ve pentozları fermente edebilmektedir (Mozzi, 2016; Zheng vd., 2020).

LAB, sütte doğal olarak bulunmaktadır. Ancak sütün elde edildiği hayvanın türü, beslenme biçimi (çim, saman vb.) ve sağım ortamı çiğ sütün mikrobiyal popülasyonunun oluşumunda etkili olmaktadır (Siezen vd., 2010; Gobbetti vd., 2015; Tilocca vd., 2020).

Çiğ süt ve süt ürünlerinde bulunan doğal LAB izolatları fermente gıda sistemlerinin önemli tekno-fonksiyonel özelliklerini oluşturmaktadır. Bu nedenle, geleneksel süt ve ürünlerinden elde edilen LAB'nin fizyolojik ve teknolojik özellikleri, yapılan birçok çalışmalar ile araştırılmaktadır (Astari vd., 2009; Lebos Pavunc vd., 2012; Farahani vd., 2017; Ehsani vd., 2018; Pino vd., 2019).

Süt ürünlerinden izole edilen otokton LAB'i ile ilgili uzun yıllara dayanan bilimsel çalışmaların sonuçlarında, elde edilen suşların asitlik oluşturma mekanizmaları, fermantasyon kinetikleri, metabolitleri ve pıhtı oluşturma yeteneklerinde önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır (Morandi & Brasca, 2012; Ruggirello vd., 2014; Pisano vd., 2019).

LAB'nin biyo-aktiviteleri, fermente süt ürünlerinin çeşitliliğin sağlanması, kalite özelliklerinin belirlenmesi ve karakteristik aroma oluşumunda önemli olmaktadır. Fermente gıdaların üretiminde, tekstürel ve aroma özelliklerinin oluşumu üç temel biyokimyasal reaksiyon ile meydana gelmektedir (Tekin & Hayaloglu, 2023);

- Glikoliz (Karbonhidrat katabolizması)
- Proteoliz (Protein katabolizması)
- Lipoliz (Lipid katabolizması)

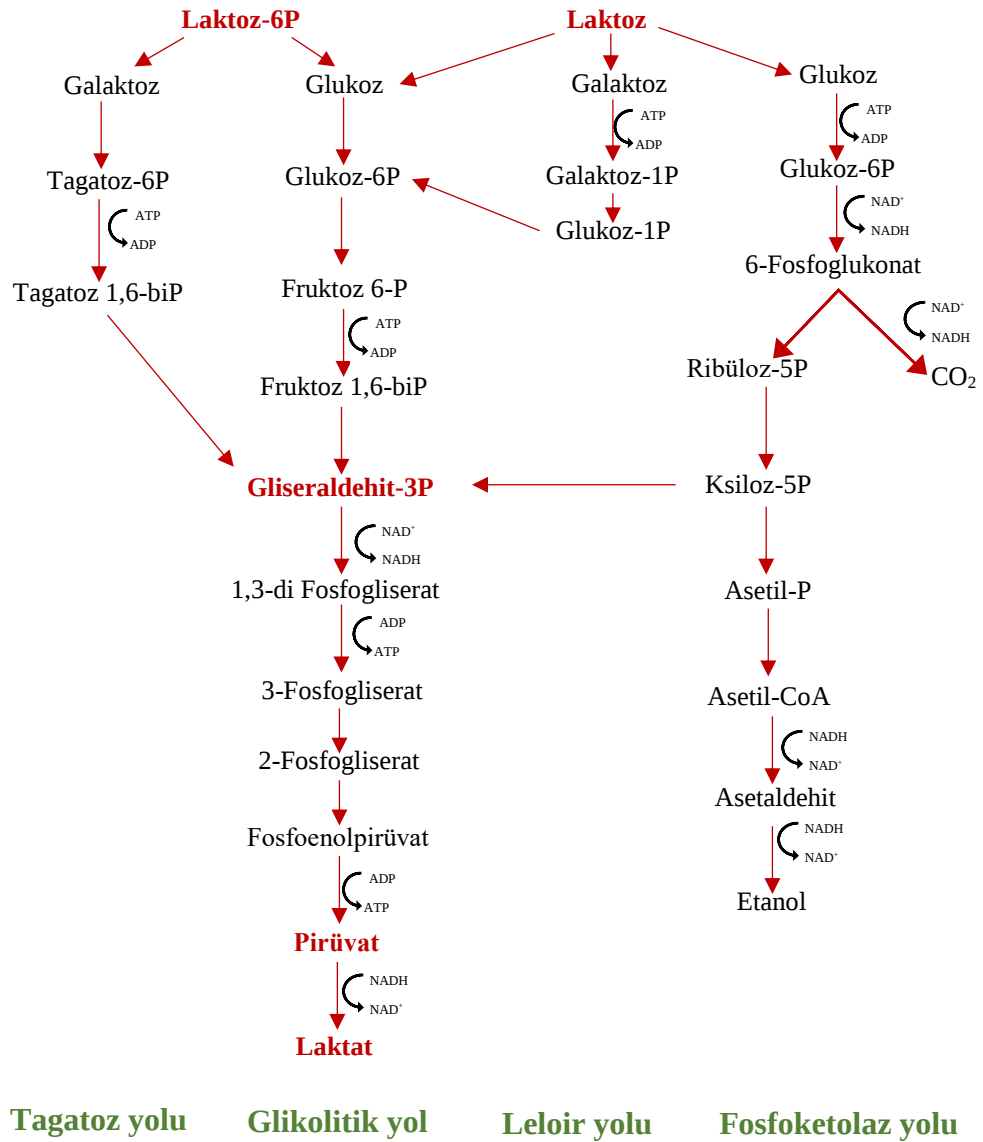
Glikoz metabolizması

LAB, gelişebilmeleri için karbonhidratlara ihtiyaç duymaktadır. Bu sistemde, laktoz, glikoliz veya glikolitik yol ile katabolize olmaktadır (Şekil 2.4). Zorunlu homofermentatif LAB'ı, laktozu pirüvik aside fermente etmekte ve pirüvik asit de, laktik aside indirgenmektedir. Fermantasyon sonunda ana ürün olarak laktik asit elde edilmektedir (homolaktik fermantasyon). *Lactobacillus acidophilus*, *Amylolactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Lactobacillus helveticus* zorunlu homofermentatif LAB'dir. Ortamda karbon kaynağının bulunmaması ya da glikoz dışında farklı karbon kaynaklarının varlığı, yüksek pH ve düşük sıcaklık gibi stres koşulları altında, bazı homofermentatif mikroorganizmalar, pirüvat-format-liyaz ile formik asit üretebilmektedir (Souza vd., 2001; Martinez vd., 2013; Bintsis, 2018).

Heterolaktik fermantasyon, fosfoketolaz yolu ile son ürün laktik aside ek olarak CO₂, etanol ve/veya asetik asit gibi bileşiklerin oluşumu ile karakterize edilen bir reaksiyondur (Şekil 2.4). Pentoz fosfat yolu olarak adlandırılan glikoz yıkımının ilk aşamasını gliseraldehit 3-fosfat, asetil-fosfat ve CO₂ oluşturmaktadır. Gliseraldehit 3-fosfat glikolize dahil edilerek laktik aside dönüşürken, asetil-fosfat asetik asit ve/veya etanole metabolize edilmektedir. *L. brevis*, *L. fermentum* ve *L. reuteri* gibi karbonhidrat metabolizması için sadece bu metabolik yolu kullanan mikroorganizmalar zorunlu heterofermentatif LAB olarak adlandırılmaktadır (Martinez vd., 2013; Bintsis, 2018).

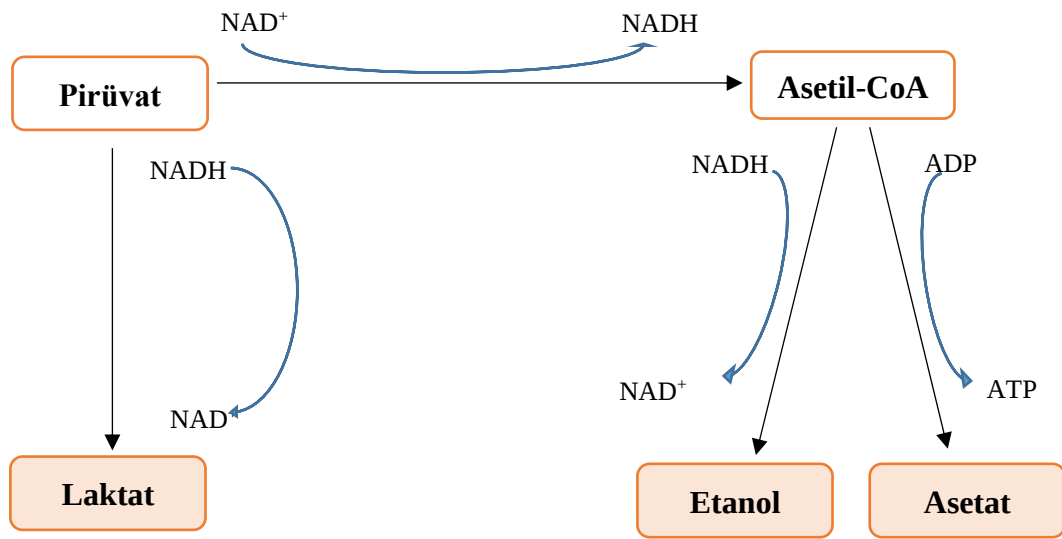
LAB'ı karbon kaynağı olarak glikoz dışında fruktoz, mannoz veya galaktoz gibi heksozları da metabolize edebilmektedir (Endo & Dicks, 2014). Ancak heksozu fermente edebilen *Lactobacillus*'lar pentozları fermente edememektedirler. Fakültatif heterofermentatif olarak sınıflandırılan bu cinsin bazı türleri *Companilactobacillus alimentarius*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *Lc. lactis*, *L. pentosus* ve *L. xylosus* heksozları homolaktik fermantasyon, pentozları heterolaktik fermantasyon yolu ile

kullanabilme yeteneğine sahip bulunmaktadır. Pentozların katabolizması, pentoz-fosfat yolunun metabolik ara ürünlerine dönüştürüldükleri ek reaksiyonlar ile gerçekleşmektedir. Ayrıca LAB’i endoselüler hidrolazların etkisiyle parçalabilen laktoz, maltoz ve sükroz gibi disakkaritleri de metabolize edebilmektedir. Laktozun fermantasyonunda laktoz, hücreye taşındıktan sonra, Şekil 2.4’de gösterildiği gibi dört farklı metabolik yoldan biri ile fermente edilmektedir (Burgos-Rubio vd., 2000; Grattepanche vd., 2008; Martinez vd., 2013; Bintsis, 2018).



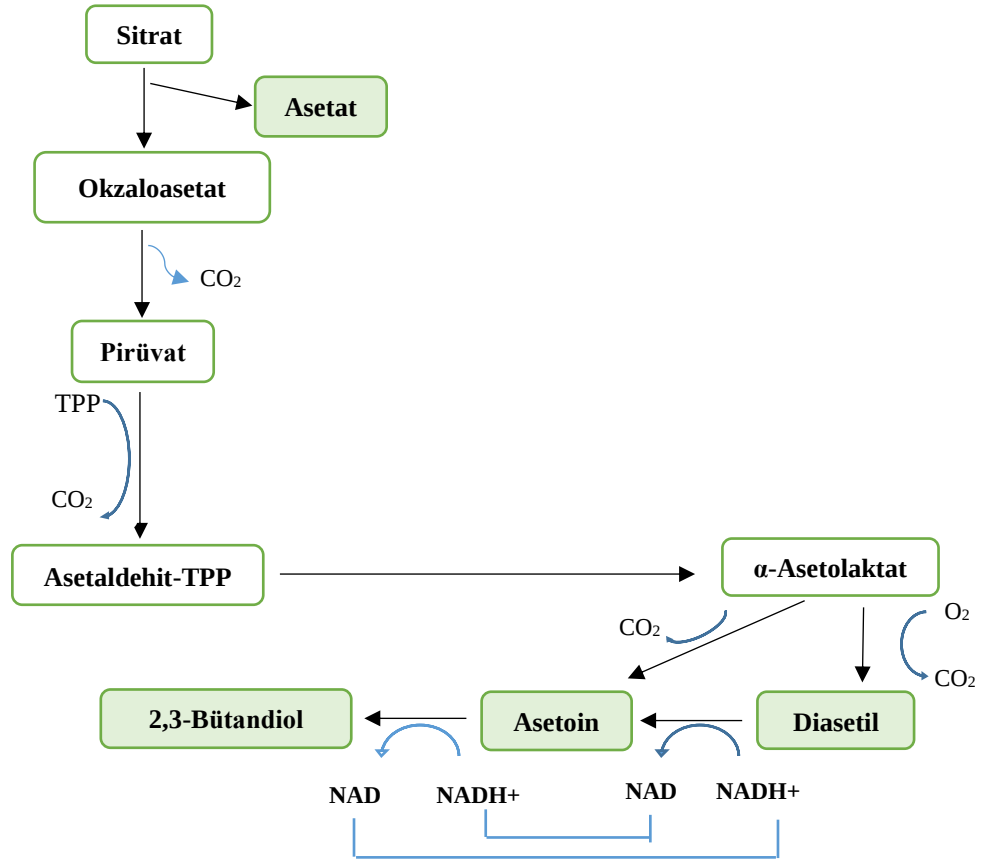
Şekil 2.4. Laktik asit bakterilerinde laktoz metabolizması (Bintsis, 2018)

Lactococcus spp. tagatoz yolunu kullanmakta ve laktozun taşınması için gerekli olan enzimleri plazmidlerde kodlanmaktadır (Hofvendahl & Hahn-Hagerda, 2000). Galaktozu yalnızca *L. helveticus* ve bazı *L. delbrueckii* (Gal+) suşları Leloir yolunu kullanarak metabolize edebilmektedirler. *Lactobacillus*'lar glikoz-6P'ı glikolitik yol ile, *Leuconostoc* ise fosfoketolaz yolu ile metabolize edebilmektedir. L-laktat genellikle fermantasyonun tek ürünüdür, ancak LAB'i galaktoz, maltoz ya da az miktarda glikoz varlığında pirüvat metabolizmasından yan ürünleri oluşturmaktadırlar (Şekil 2.5) (Bintsis, 2018).



Şekil 2.5. Laktik asit bakterilerinde pirüvat metabolizması (Bintsis, 2018)

Fermente süt ürünlerinde sitrat metabolizması önemli biyokimyasal reaksiyondur. Starter kültür olarak C_{it}⁺ *Lactococcus* spp. fermente süt ürünleri üretiminde çoğunlukla tercih edilmektedir. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*'in C_{it}⁺ suşları, sitratın taşınmasını kodlayan bir plazmide sahip bulunmaktadır. Hücre içindeki sitrat, sitrat liyaz enzimi ile oksaloasetata dönüştürülmekte ve daha sonra oksaloasetat, pirüvata dekarboksile edilmektedir. *Lactococcus*'lar da pirüvatu asetat, diasetil, asetoin, 2,3-bütandiol ve CO₂'e metabolize etmektedirler. Pirüvat, format liyaz enzimi ile anaerobik ortam ve yüksek pH (>7.0) koşullarında formik asit, asetik asit, asetaldehit ve etanole dönüştürülebilmektedir (Şekil 2.6). Asetat aynı zamanda laktozun sitrat ile ko-metabolizması sırasında heterofermentatif metabolizma yolu ile de oluşturulmaktadır (Burgos-Rubio vd., 2000).



Şekil 2.6. Laktik asit bakterilerinde sitrat metabolizması (Bintsis, 2018)

Protein metabolizması

LAB’i gelişebilmeleri için türe ve suşa bağlı olmak ile birlikte, 6-14 farklı amino asite ihtiyaç duymaktadır (Bintsis, 2018). Amino asitler proteinlerin yapı taşlarıdır ve serbest amino asitler sütte, sınırlı miktarlarda bulunmaktadır. LAB’nin sütte gelişebilmeleri için öncelikle süt proteinlerinin hidrolize olması gerekmektedir. Peptitlerin serbest amino asitlere hidrolizi ve ardından bu amino asitlerin kullanımı, LAB için önemli bir metabolik aktivitedir (Wedajo, 2015; Wang vd., 2021).

Süt proteinlerinin peptitlere parçalanması, LAB’nin proteolitik enzimleri ile katalize edilmekte ve peptitler daha sonra ekzopeptidazlar ve endopeptidazlar ile onları oluşturan daha küçük peptitlere ve amino asitlere kadar hidrolize edilmektedir (Curtin & McSweeney, 2004; Upadhyay vd., 2004; Wang vd., 2021).

Proteolizde, proteinlerin yapısında bulunan bağların hidrolize olması ile peptitler ve serbest amino asitler oluşmaktadır. Serbest amino asit oluşumu ve ardından dekarboksilasyon, deaminasyon ve transaminasyon reaksiyonlarını katalizlemeleri ile gıdalarda aromanın oluşturulmasında önemli rol oynamaktadırlar. Fermente ürünlerin geliştirilmesinde proteazlar, tekstür modifikasyonunun sağlanmasında, aroma oluşumunda ve olgunlaştırılan peynirlerde su aktivitesinin azaltılmasından sorumlu olan moleküllerin üretimini sağlamaktadır (Savijoki vd., 2006). *Lactococcus*, *Lactobacillus* ve *Streptococcus* gibi LAB'ı, zayıf proteolitik suşlar olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte proteoliz, süt ürünlerinde meydana gelen en önemli ve kompleks enzimatik reaksiyonlardan birisidir (McSweeney & Sousa 2000). LAB'ının, proteinaz/peptidaz sistemi, kazeini oligopeptitlere parçalayan hücre duvarına bağlı proteazlar, peptit taşıyıcılar ve peptitleri daha kısa zincirli peptitlere ve serbest amino asitlere parçalayan hücre içi peptidazlardan oluşmaktadır (Liu vd., 2010; García-Cano vd., 2019).

Lipid metabolizması

Fermente gıda ürünlerinin üretimi sırasında lipidlerin enzimatik metabolizması sınırlı oranda gerçekleşmektedir. Süt yağının katabolizmasında, serbest yağ asitleri, gliserol, diaçilgliseritlere veya monoaçilgliseritlere kadar parçalanma meydana gelmektedir. Serbest yağ asitlerinin oluşumu özellikle bazı peynirlerde istenilen temel aroma bileşenlerinin oluşumunda önemli bir reaksiyondur (Tekin & Hayaloglu, 2023).

Süt yağının katabolize olması ile oluşan bileşikler ürünlerde, tekstür gelişimine yardımcı ve gıda bileşenlerinin emülsifiye edilmesinde önemli rol oynamaktadır (Esteban-Torres vd., 2014). LAB'nin lipolitik aktiviteleri, fermente süt ürünlerinde aroma gelişiminin temel reaksiyonlarından ve starter kültür olarak kullanılan suşların seçiminin belirlenmesinde önemli olmaktadır (Tanasupawat vd., 2015). LAB'nin genellikle *Penicillium* ve *Pseudomonas* spp.'e göre zayıf lipolitik özellik gösterdiği kabul edilmektedir (McSweeney & Sousa 2000). *L. helveticus*, *L. casei*, *L. plantarum* ve *L. acidophilus* spp.'nin lipolitik aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, uzun olgunlaşma süresine sahip peynirlerde, LAB'nin, lipolitik aktivitesi ile katabolik

ürünlerin oluşturulduğu reaksiyonlarda bu bileşiklerin substrat olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Collins vd., 2003; Garcia-Cano vd., 2019).

2.1.4. Laktik asit bakterilerinin geleneksel peynirlerdeki önemi

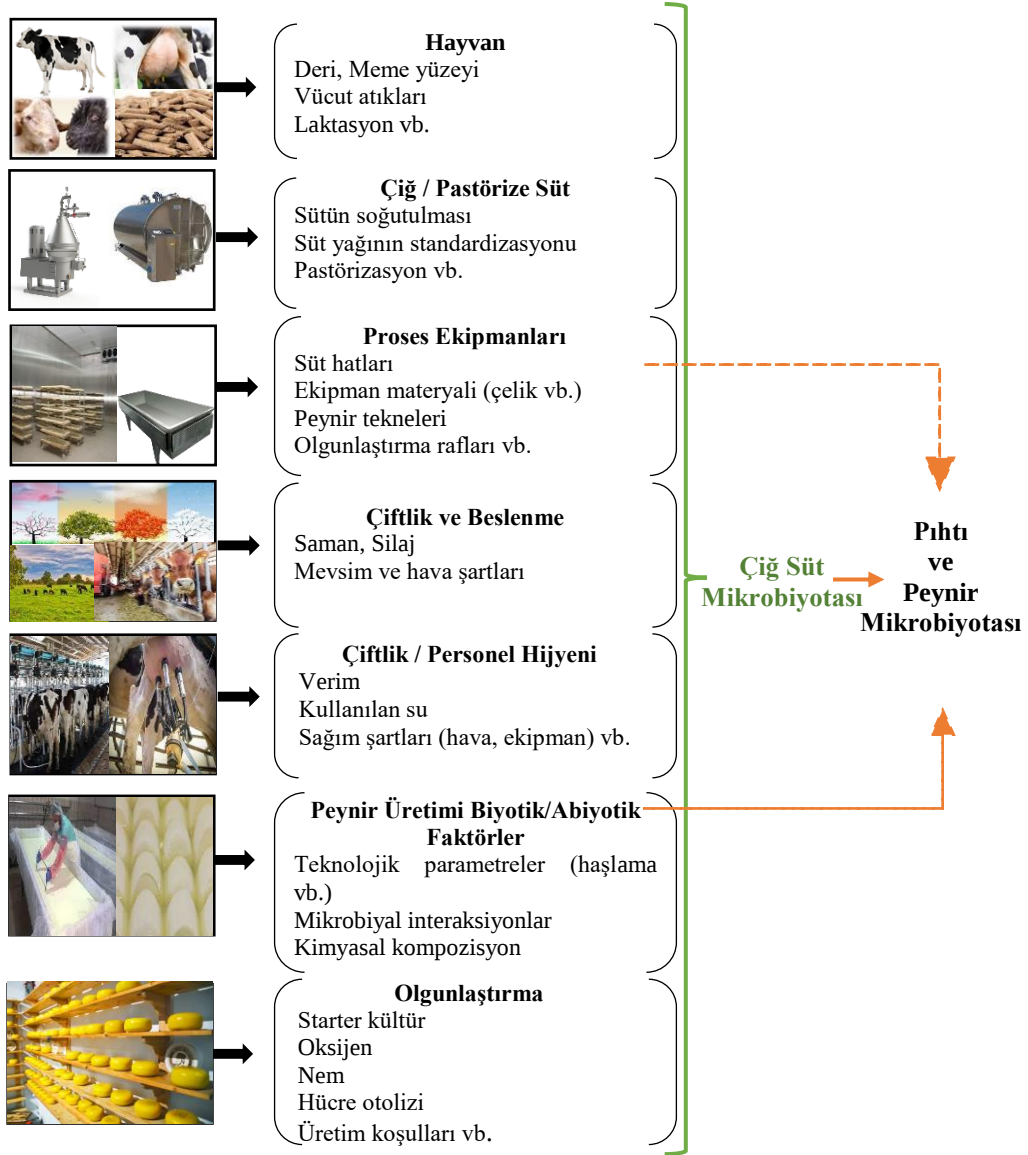
Birçok peynir üretiminde LAB, starter kültür olarak kullanılmaktadır. LAB'i normal şartlarda tuza toleranslı olma, oksijensiz ortamda gelişebilme ve karbondioksit inhibisyonuna direnç sağlama gibi özellikleri nedeni ile fermente süt ürünlerinin çeşitliliğinde en büyük rolü üstlenmektedir (Navidghasemizad vd., 2009; Gobbetti vd., 2015).

Süt ürünlerinin fermantasyonunda starter laktik asit bakterilerinin (SLAB) yanı sıra adventif/starter olmayan laktik asit bakterileri (NSLAB) de kullanılmaktadır. NSLAB genellikle *Lactobacillus* grubundan oluşmaktadır. *L. casei*, *L. delbrueckii*, *L. helveticus*, *L. acidophilus* ve *L. plantarum* çoğunlukla peynirlerden izole edilen NSLAB suşlarıdır. Ayrıca, fakültatif ve obligat heterofermentatif özelliğe sahip *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. buchneri*, *L. kefir*, *L. rhamnosus*, *L. curvatus*, *L. reuteri*, *L. coryneformis*, *L. hilgardii* ve *L. sakei* türlerinin de bu grupta bulunabildiği belirtilmiştir (Levante vd., 2017; Coelho vd., 2022).

Peynir üretimindeki ek/yardımcı kültürler (starter olmayan laktik asit bakterileri) (tat gelişimini arttıran veya olgunlaşmayı hızlandıran seçilmiş suşlar) peynire işlenecek olan süt, peynir üretim ekipmanları ve/veya üretim ortamının havası ile tesadüfi olarak bulunabilen türleri de kapsamaktadır (Şekil 2.7) (Broadbent & Steele, 2005).

Ek kültürler, pastörizasyon ile indirgenen otokton NSLAB'nin arttırılması amacı ile peynir üretimi sırasında özel olarak da ilave edilebilmektedir (Leroy & De Vuyst, 2004). NSLAB, peynir üretiminde yaygın olarak kullanılan SLAB ile karşılaştırıldığında farklı gelişim kinetiğine sahip bulunmaktadır. Peynirde pıhtı oluşumundan sonra NSLAB'nin sayıları 10^2 - 10^3 kob/g-L iken bir kaç ay olgunlaştırma işleminden sonra sayılarının 10^7 - 10^9 kob/g-L'ye kadar arttığı tespit edilmiştir (Corsetti vd., 2007; Gatti vd., 2014; Gobbetti vd., 2018). NSLAB'inin ihtiyaç duyduğu substratların, kalıntı laktoz, laktat, sitrat,

katabolize olan serbest yağ asitleri ile lipolize olan trigliseritler ve proteolize uğrayan proteinler (kazein matrisi) peptitler ve serbest amino asitler olduğu belirtilmektedir (McSweeney & Sousa, 2000; Sgarbi vd., 2013; Tekin & Hayaloglu, 2023).



Şekil 2.7. Peynirlerde laktik asit bakteri popülasyonunu etkileyen potansiyel kaynaklar (Gobetti vd., 2018)

Olgunlaştırma, bakteriler için stres koşulları oluşturmaya rağmen, NSLAB'nin gelişme yetenekleri, peynir çeşitliliğin sağlanmasında önemli bir etkidir (Settanni & Moschetti, 2010). Cheddar (Williams & Banks, 1997; Rehman vd., 2000), Roncal (Ortigosa vd., 2005), Manchego (Gomez-Ruiz vd., 2008), Feta (Sarantinopoulos vd., 2002) ve Pecorino Siciliano (Randazzo vd., 2002) peynirleri ile yapılan çalışmalarda, tek veya izole edilen NSLAB ile kombinasyonları ve pastörize süt kullanılarak üretilen peynirlerin, ticari suşlar kullanılarak üretilen peynirlerden daha karmaşık uçucu aroma profilleri nedeni ile duyuşsal değerlendirmelerinde daha yüksek puanlar aldığı belirtilmiştir.

Lactococcus, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Weissella* cinslerinin her biri heterojen NSLAB grubunu oluşturmakta ve birçok ortak fizyolojik özelliklere sahip bulunmaktadır (Montel vd., 2014; Gonzalez vd., 2015; Bluma vd., 2017).

Peynirlerde aroma, laktat ve sitrat metabolizması, pıhtıdaki kazein matrisinin peptitlere, serbest amino asitlere (SAA) katabolize olması ve sonrasında serbest yağ asitlerinin (SYA) oluşumunu içermektedir (Şekil 2.8) (McSweeney & Sousa, 2000; Yvon & Rijnen, 2001; Collins vd., 2003; McSweeney, 2004; Fernandez & Zuniga, 2006; Thierry vd., 2015).

LAB'den *Lactobacillus* spp. fermente süt matrikslerinde en fazla bulunan NSLAB türlerinden biridir. *Lactobacillus* suşları, uzun süre olgunlaştırılmış peynirlerde asitlik gelişimi ve yüksek tuz konsantrasyonlarına dayanıklı olma gibi avantajları nedeni ile endüstriyel üretimde kullanılmaktadır (Navidghasemizad vd., 2009; Gobbetti vd., 2015). Ayrıca bu bakteriler, peynir aromasının gelişiminde temel faktörler olan proteolitik ve lipolitik aktivitelere de sahiptirler. Geleneksel olarak çiğ süt kullanılarak üretilen peynirler ile ilgili yapılan çalışmada olgunlaşma sürecinde *Lactobacillus*'ların hakim olduğu bildirilmiştir (Afshari vd., 2020).

Şekil 2.8. Peynir üretimi ve olgunlaşma sırasında SLAB ve NSLAB etkileşimleri (Blaya vd., 2017)

NSLAB'den *L. paracasei* 'nin birkaç yarı sert peynir çeşidinde ve Grana Padano gibi uzun süre olgunlaştırılmış peynirlerde hakim florayı oluşturduğu belirtilmiştir. Feta, Teleme, Briza, Hellim ve Domiati gibi salamurada olgunlaştırılan peynirlerde ise, *Lactobacillus* türlerinden *L. paracasei* spp. *paracasei*'nin, hakim flora olarak yer aldığı belirtilmektedir (Thage vd., 2005; Fuquay vd., 2011; Levante vd., 2017).

Lactobacillus grubu, çok sayıda farklı türden (Mart 2020'de 261 tür) mikroorganizma içermektedir. Teknolojik ve ticari açıdan en önemli türler arasında *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *L. salivarius* sayılabilmektedir. Son zamanlarda, *Lactobacillus* cinsinin genom filogenisi, ekolojik ve metabolik özelliklerine dayalı olarak 25 cinsin yeniden sınıflandırılması gerektiği bildirilmektedir (Coelho vd., 2022).

Zheng vd. (2020) tarafından, *Holzapfelia*, *Amylolactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Latilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Liquorilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Fructilactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Secundilactobacillus* ve *Lentilactobacillus* olmak üzere 23 cins isimlendirilmiştir. "*Lactobacilli*" teriminin, *Lactobacillaceae* olarak sınıflandırılan tüm organizmaları belirtmek için kullanılması gerektiği önerilmiştir.

Lactobacillus spp. Gram pozitif, spor oluşturmeyen, katalaz negatif, basil veya kokobasil morfolojiye sahiptirler (Bamunuarachchige vd., 2011; Otieno, 2011). Fermentatif, aerotolerant veya anaerobik özelliktedirler ve gelişebilmeleri için kompleks besin gereksinimleri (karbonhidratlar, amino asitler, peptitler, yağ asidi esterleri, tuzlar, nükleik asit türevleri ve vitaminler) bulunmaktadır (Fox vd., 2000; Barrangou vd., 2012; Salvetti vd., 2012; Blaya vd., 2017).

Lactobacillus grubuna ait birçok bakteri peynir üretiminde kullanılmakta ve peynirlerin olgunlaştırılması sırasında ekstrem ortam koşullarında (fermente edilebilen karbonhidrat

yokluğu, düşük su aktivitesi, redoks potansiyeli vb.) gelişebilmektedir. Yapılan çalışmalar ile birçok peynir türlerinden farklı bakteri türleri izole edilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Dünya’da bazı peynirlerden izole edilen *Lactobacillus* spp.

Peynir Çeşidi	İzole edilen Tür
Caciocavallo Pugliese, Malga, Feta	<i>Lactobacillus parabuchneri</i>
Kaşar	<i>Lactobacillus reuteri</i>
Caciocavallo Silano, Istrian, Gruyère, Quesalla Arochena, Gouda, Castelmagno, Pecorino Sardo, Pecorino Marchigiano	<i>Lactobacillus curvatus</i>
Ragusano, Caciocavallo Silano, Parmigiano Reggiano, Bitto, Bryndza, Bellie, Dulces, Gouda, Pecorino	<i>Lactobacillus fermentum</i>
Caciocavallo Pugliese, Malga, Gruyère, Bryndza, Pico, Zlatar, Canestrato Pugliese, Bellie, Dulces, Gouda	<i>Lactobacillus brevis</i>
Caciocavallo Palermitano, Provolone del Monaco, Parmigiano Reggiano, Bitto, Grana Padano, Grana Trentino,	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>
Bellie, Gouda, Pecorino Sardo, Caciocavallo Pugliese, Caciocavallo Palermitano, Kaşar, Parmigiano Reggiano, Grana,	<i>Lactobacillus casei</i>
Grana Padano, Grana Trentino, Zlatar, Feta, Quesallia Arochena, Raschera, Bellie, Dulces, Gouda,	<i>Lactobacillus paracasei</i>
Ragusano, Caciocavallo Pugliese, Caciocavallo Silano, Fontina, Malga, Kasar, Bitto, Casin, Poro, Zlatar, Darfiyeh, Feta,	<i>Lactobacillus plantarum</i>

Süt ürünleri üreticileri, tüketici beklentisi doğrultusunda ürün yelpazelerinin genişletilmesi ve fermente süt ürünlerinde aroma oluşumunun geliştirilmesi amacı ile farklı kaynaklardan izole edilen suşlardan kültür koleksiyonlarının oluşturulması ile ilgili çalışmalara yön vermektedir (Smid & Kleerebezem, 2014; Nguyen vd., 2023).

Bu çalışma kapsamında Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinden seçilen *Levilactobacillus brevis*, *Lactocaseibacillus paracasei* ve *Levilactobacillus rhamnosus* suşlarının farklı süt matrislerinde kullanılabilecek olanakları değerlendirilmiştir. Belirtilen bakterilerin özellikleri aşağıda verilmektedir.

Levilactobacillus brevis

Levilactobacillus brevis (*L. brevis*), gram pozitif, basil, katalaz negatif, zorunlu heterofermentatif, mikroaerofilik özellikte, *Levilactobacillus* (*Lactobacillus*) grubunun bir üyesidir. Optimum 30°C’de ve pH 4-6’da gelişebilmektedir. Tanımlanmış tipik suşları, ATCC 14869, BCC 5375, BCRC 12187, CCM 3805, CCRC 12187, CCUG 30670, CDBB 380, CDBB 792, CECT 4121, CIP 102806, DSM 20054, JCM 1059, KCTC 3498, LMG 6906, LMG 7944, NBIMCC 3448, NCDO 1749, NCFB 1749, NCIB 11973, NCIMB 11973, NRRL B-4527, VTT E-91458’dir (Zheng vd., 2020).

L. brevis süt, peynir, fermente sebzeler, etler, insan ve diğer canlıların intestinal sistemlerinden izole edilebilmektedir. *L. brevis*’in birçok suşu arabinoz, fruktoz, maltoz mellibiyoz ve riboz gibi karbonhidratları kullanabilmektedir (Zheng vd., 2020). Son zamanlarda, bu türün suşları, potansiyel olarak bağırsak mikrobiyotasının geliştirilmesi ve tüketici sağlığını destekleyen "*probiyotik*" olarak da karakterize edilmiştir (Feyereisen vd., 2019).

L. brevis Cheddar, Gouda ve Edam gibi birçok sert ve yarı sert peynirlerin ikincil mikroflorasında bulunmaktadır. *L. brevis*’in gelişebilmesi için besin kaynakları olgunlaşma sırasında, peynirde bulunan galaktoz, sitrat, laktat, serbest amino asitler, peptitler ve lipoliz sonucu oluşan gliserolden oluşmaktadır (Teixeira, 2014).

Lacticaseibacillus paracasei/casei

Lacticaseibacillus casei (*L. casei*) ve *Lacticaseibacillus paracasei* (*L. paracasei*) Gram-pozitif, fakültatif heterofermentatif özellikte olup, birçok fermente süt, sebze ve tahıl ürünleri gibi gıdalarda, ayrıca insan ve hayvanların gastrointestinal sistemlerinde bulunmaktadır (Fontana vd., 2018; Hill vd., 2018; Zheng vd., 2020).

L. casei, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* filogenetik ve fenotipik olarak yakından ilişkili olan *Lacticaseibacillus casei* grubunun üyeleridir (Hill vd., 2018). *Lacticaseibacillus casei* grubunun üyelerinden olan *L. casei* ve *L. paracasei* benzer özellikleri nedeni ile kolayca ayırt edilemezler. Bu nedenle *L. casei* ve *L. paracasei*’nin sınıflandırılması ve

isimlendirilmesi tartışmalıdır (Cui & Qu, 2021). 16S rRNA geninin dizi analizine göre *L. casei*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* genellikle *L. casei* grubu olarak kabul edilmektedir (Salvetti vd., 2012). 16S rRNA gen dizilerinin analizi, bakteri tanımlaması ve filogenetik analiz için geleneksel bir moleküler yöntem olmasına rağmen (Petti vd., 2005), *L. casei* grubunun türleri arasında ayırım yapmaya uygun değildir. Örneğin, daha önce 16S rRNA gen dizisi analizi ile *L. casei* olarak tanımlanan BD-II, BL23, LC2W ve Zhang suşları, farklı proteinlerin birleştirilmiş amino asit dizilerinin filogenisine dayalı olarak *L. paracasei* üyeleri olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Toh vd., 2013). *L. casei* ve *L. paracasei*, endüstriyel uygulamaları ve sahip olduğu terapötik özellikleri nedeni ile sıklıkla çalışmalara konu olmaktadır (Hill vd., 2018).

Probiyotik özellik gösteren *L. casei* ATCC 393, özellikle peynir üretiminde, çeşitli fermente süt ürünleri ve kurutulmuş fermente sosıs üretiminde starter veya ek/yardımcı kültür olarak kullanılmaktadır (Sidira vd., 2010; Dimitrellou vd., 2014; Sidira vd., 2014; Abdel-Hamid vd., 2019). *L. casei* ATCC 393 ve *L. paracasei* LBC 81'in sırası ile probiyotik yoğurt ve probiyotik tatlı üretiminde kullanımı değerlendirilmiştir (Marinaki vd., 2016; Valencia vd., 2016).

L. paracasei subsp. *paracasei* genellikle olgunlaşmış peynirlerden izole edilmesinin yanı sıra, *L. plantarum*, *L. curvatus*, *L. rhamnosus* ve *L. casei* ile birlikte peynirlerin olgunlaşma sürecine katkıda bulunan NSLAB'leri arasındadır (Bresford & Togan, 1997; Picon, 2018).

Lacticaseibacillus rhamnosus

Lacticaseibacillus rhamnosus (*L. rhamnosus*) fakültatif heterofermentatiftir ve *Lactobacillus casei* grubundaki türler ile yakından ilişkilidir. Hücreleri çubuk şeklinde ve tek veya kısa zincirler halinde bulunabilmektedir. Tip suşu ATCC 7469'dur. *L. rhamnosus* 15-45°C sıcaklarda gelişebilmektedir. Arabinoz, sellobiyoz, eskülin, riboz, sorbitol ve sükroz gibi karbonhidratları fermente edebilmekte ve L-laktik asit üretebilmektedir. *L. rhamnosus* GG (LGG), en çok çalışılan ve yaygın olarak kullanılan

probiyotik kültürlerden biridir (Calasso & Gobetti, 2011; Ibrahim, 2016; Zheng vd., 2020).

L. rhamnosus, fonksiyonel gıdalarda probiyotik organizma olarak kullanılan birkaç *Lactobacillus* türünden birisidir. *L. rhamnosus* HN001'in, probiyotik özellikleri tanımlanmıştır ve ayrıca rekabetçi mikroflorayı azaltmak, peynir olgunlaşmasını hızlandırmak ve peynir lezzetini iyileştirmek için peynir üretimi sırasında ek kültür olarak kullanılabileceği de bildirilmiştir (Curtin & McSweeney, 2004; Upadhyay vd., 2004). *L. rhamnosus* bakterisinin, Parmigiano Reggiano peynirinin geç olgunlaşması sırasında önemli türlerden biri olduğu belirtilmiştir (Ibrahim, 2016).

Genel olarak fermentasyon ile gıdaların temel komponentlerinde meydana gelen değişiklikler, sahip olduğu heterojen yapılarını ve bileşenler arasındaki temel interaksyonları da gözler önüne sermektedir. Gıda matriksleri, farklı özelliklere sahip bileşikler içeren, karmaşık yapılardan meydana gelmektedir. Gıda komponentleri arasındaki bu etkileşimler, gıdaların mikro-makro yapısında değişikliklere neden olabilmektedir (Gupta & Muralidhara, 2001; Dickinson, 2003).

Üretim proseslerinde, gıdaların emülsiyon yapıları, faz sistemleri, birbirine karışmayan ya da farklı yapıdaki komponentlerin bir arada tutulması ve serum/yağ ayrımının engellenmesi, üreticiler ve tüketiciler için birincil kurallar arasında sayılmaktadır. Bu üretim proseslerinden, fermentasyon, sütün farklı emülsiyon sistemlerinde değişen kinetikler oluşturarak süt ürünlerinin çeşitlendirilmesinde önemli bir teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır. Genel olarak süt ve ayran sıvı emülsiyon, peynir, katı formda sürekli fazda yağ damlacıklarının dağılması şeklinde iken, tereyağı, su damlacıklarının, kısmen kristalize olmuş triaçilgliserol içeren lipid fazında dağılması ile oluşmaktadır. Her bir yapı düzeyi mikro ve makro yapı olarak adlandırılmakta ve farklı biyolojik degradasyonlar ve tekstürel etkileşimler ile sonuçlanmaktadır (Barbe vd., 2014).

Farklı emülsiyon sistemlerinin son dönemlerde yapılan çalışmalara yön vermesi ile birlikte; yağ/su (O/W) ve su/yağ (W/O) emülsiyonlarına ek olarak, çift emülsiyonlar, su/su emülsiyonları, hava/su emülsiyonları ve Pickering yöntemi ile oluşturulan

emülsiyonlar gibi sistemler terminolojide yerini almakta ve farklı model sistemlerde fermantasyon ve bakteri gelişimleri incelenmektedir (Jiang vd., 2023).

2.2. Emülsiyon Sistemleri ve Fermantasyon

Gıda sistemleri, genellikle birbirine karışmayan yağ ve su fazlarını içermektedir. Duyusal olarak tüketiciler tarafından tercih edilebilir ürünler üretmede, bu iki fazın birbirine karışması sağlanarak, homojen yapıda ürünler elde etmek önemli bir parametredir. Gıdaların emülsifiye edilen bileşenleri, görünüş, tekstür, stabilite ve aroma gibi organoleptik özelliklerinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Benjamins vd., 2009; van Vliet vd., 2009; van Aken vd., 2011; Chojnicka-Paszun vd., 2012; Chung vd., 2013d). Süt, peynir, yoğurt, tereyağı, krema, dondurma, tatlı, margarin, salata sosları, çorba ve içecek gibi gıda sistemleri tamamen ya da kısmen emülsiyonlardan oluşmaktadır (Leal-Calderon vd., 2007; McClements, 2010b; Mendez-Velasco & Goff, 2011; Moore vd., 2012; Sanguansri vd., 2013).

Emülsiyon sistemlerindeki birbirine karışmayan bu iki faz, genellikle bir fazın diğerinde küçük damlacıklar şeklinde dağılması ile oluşmaktadır (Santana vd., 2013; Chung & McClements, 2014). Genel olarak; dağılmış fazı, yağın (yağ damlacıkları), sürekli fazı ise suyun (süt ve soslar) oluşturduğu su içinde yağ (O/W) veya sürekli fazı yağın, dağılmış fazı suyun (tereyağı ve margarinler) oluşturduğu yağ içinde su (W/O) emülsiyonları olarak sınıflandırma yapılmaktadır (Chung & McClements, 2014).

Emülsiyon sistemleri damlacık boyutlarına göre; 10-100 nm damlacık yarıçapına sahip nanoemülsiyonlar, 100-1000 nm damlacık yarıçapına sahip miniemülsiyonlar ve 1000 nm-1000 µm damlacık yarıçapına sahip makroemülsiyonlar olarak gruplandırılmaktadır (Windhab vd., 2005; McClements, 2012; Santana vd., 2013).

Geleneksel O/W ve W/O emülsiyonlarına ek olarak, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş, yapısal olarak daha karmaşık emülsiyonlar da oluşturulmaktadır. Bu emülsiyonlar, genellikle su içinde su içinde yağ (O/W₁/W₂), su içinde yağ içinde su (W₁/O/W₂) yağ

içinde su içinde yağ ($O_1/W/O_2$) emülsiyonlarıdır (Muschiolik, 2007; Dickinson, 2011; McClements, 2012).

Gıdalarda doğal olarak bulunan, formülasyonlara eklenen veya günlük diyet ile birlikte tüketilen lipitler, yapı ve bileşim açısından farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar, süt ve ürünlerinin sahip olduğu yağın, yapı ve bileşimindeki özelliklerinin değişiklik göstermesi ile örneklendirilebilmektedir. Süt matriksi bileşiminin değiştirilmesinde uygulanan teknolojik işlemler, (asit jel oluşumu, rennet jel oluşumu, tereyağı oluşumu vb.) süt ürünlerinin lipit yapısı, morfolojisi ve düzenlenmesinde değişikliklere neden olmaktadır (Şekil 2.10) (Marco vd., 2017; Truong, 2020).

Emülsiyon sistemlerinden, gıdalardaki yağın mikro yapıdaki modifikasyonun dışında, yağda çözünen vitaminler, nutrasötikler ve lipitler gibi biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımlarının artırılması amacı ile de yararlanılmaktadır (McClements, 2018). Fermente süt ürünlerine, enkapsüle edilmiş lipofilik biyoaktif bileşikler, bakteriler ve/veya metabolik yan ürünlerin emülsiyonlara dahil edilmesi çalışmalara konu olmuştur (Lobato-Calleros vd., 2008; Tidona vd., 2015; Lalou vd., 2017).

Farklı yapıdaki emülsiyonlarda, çift emülsiyonlar su içinde yağda su ($W_1/O/W_2$) emülsiyonları, sürekli sıvı fazda (W_2), yağ içinde su (W_1/O) emülsiyonunun dağılması ile oluşturulmaktadır. Gıdalarda, $W_1/O/W_2$ emülsiyonlarının, vitaminler, mineraller, anti-mikrobiyal ajanlar, antioksidanlar veya amino asitlerin kapsülasyonu ile düşük kalorili ürünler üretme, tat salınımını kontrol etme, tuz içeriğini azaltma ve gıda takviyelerinin hazırlanmasında kullanılabileceği belirtilmektedir (Muschiolik & Dickinson, 2017).

Yapılan deneysel çalışmalarda $W_1/O/W_2$ emülsiyonu ile kapsüle edilmiş kafeinin stirred (pıhtısı kırılmış) tipi yoğurt üretiminde kullanımları değerlendirilmiş, yoğurt üretiminde, jel oluşum sırasında yapının fizikokimyasal özellikleri ve stabilitesinde değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir (Lobato-Calleros vd., 2008; Hernandez-Marín vd., 2016). Ayrıca $W_1/O/W_2$ emülsiyonları mikroorganizmaların kapsüllenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda *Lactobacillus* spp.'nin $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun iç fazında, mide öz suyu

ve safra tuzlarından korunduğu tespit edilmiştir (Shima vd., 2006; Pimentel- González vd., 2009; Shima vd., 2009).

Tüketicilerin, özellikle kardiyovasküler hastalıklara neden olan yüksek yağlı ürünler ile ilgili endişeleri, üreticileri yağ miktarının azaltılması konusunda çalışmalar yapmaya yöneltmektedir (Shalaby vd., 2013; Ryeo-Eun vd., 2015; Chen vd., 2016). Bu amaçla, gıdaların yapı, tekstür ve aromasında değişikliğe neden olmadan, doğal kaynaklardan elde edilen yağ ikame maddeleri ile ilgili çalışmalar yoğunlaşmıştır. Örneğin, doğal olarak emülsifiye edilmiş yağ kitleleri olarak, bitki tohumlarındaki oleozomların, vegan mayonez oleojellerinin ve yağsız etlerin geliştirilmesinde kullanıldığı yapılan çalışmalar ile de saptanmıştır (Nikiforidis, 2019; Romero-Guzman vd., 2020; Mert & Vilgis, 2021; Anna vd., 2022).

Gıdalarda kolay interaksiyona giremeyen temel komponentlerin (proteinler ve polisakkaritler) sulu çözeltilerinin karıştırılması ile farklı yapıda, yağ içermeyen emülsiyonlar da oluşturulabilmektedir. Yağda su (O/W) emülsiyonlarının aksine, suda su (W/W) emülsiyonları, yüzey aktif maddeler eklenerek stabilize edilememekte ve gıda uygulamalarında fazlardan birinin veya her ikisinin jelleştirilmesi ile makroskobik faz ayrımı önlenmektedir. Bununla birlikte, son zamanlarda, W/W emülsiyonlarının, parçacıkların eklenmesi ile stabilize edilebileceği belirtilmektedir. Bu tür parçacıklar ile stabilize edilmiş emülsiyonlar, pickering emülsiyonları olarak da bilinmektedir (Nikolai & Murray, 2017).

Emülsiyonların stabilizasyonunda, yüzey aktif maddeler veya adsorbsiyon özelliği gösteren kazein veya serum proteinleri kullanılmaktadır (Ly vd., 2008; Marinova vd., 2009). Köpük yapıları (çırpılmış krema) stabilize etmek amacı ile doymuş yağ globüllerinin, kısmi flokülasyon veya kolloidal ağ oluşturma yetenekleri dolayısı ile parçacıklı stabilizatörler olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Ghosh & Rousseau, 2011; Gupta & Rousseau, 2012; Peng vd., 2018).

Tüketiciler arasında gıdalardaki yüksek yağ miktarına ilişkin endişelerin artması ile birlikte gıdaların, yapı, tekstür ve ağız hissinde değişikliklere neden olmadan, yağ ikame

maddeleri olarak doğal kaynaklardan elde edilen çeşitli alternatifler ortaya çıkmıştır (Jiang vd., 2023).

Dondurma ve kek gibi az yağlı gıdaların, mikronize mısır nişastası (Wang vd., 2013) ve bezelye proteinleri (Feichtinger & Scholten, 2020) gibi daha az saflaştırılmış/parçalanmış bitki bileşenleri kullanılarak üretilbileceği belirtilmiştir.

Bu teknolojiye mikroorganizmalar ise, yapı taşları ya da yüzey aktif bileşiklerin kaynağı olarak başka bir koloidal malzeme alanını oluşturmaktadır. Örneğin, patojen olmayan mayaların ve laktik asit bakterilerinin, pickering etkisi ile emülsiyonu (Firoozmand & Rousseau, 2016), çift emülsiyonu (Jiang vd., 2021) ve köpük (krema) yapıları (Jiang vd., 2019) stabilize ettiği bildirilmiştir.

2.3. Süt Bazlı Emülsiyon Sistemleri

Fermentasyon, kontrollü mikrobiyal gelişme ile majör ve minör gıda bileşenlerinde modifikasyonlara neden olmaktadır (Marco vd., 2017). Fermente edilen gıdaların besleyici özelliklerinin yanı sıra, kolesterol seviyesini düşürme, kan şekerini düzenleme ve laktoz intoleransı semptomlarını hafifletme gibi terapötik özelliklere sahip olduğu da belirtilmiştir. Fermente gıdaların bu terapötik özellikleri, fermentasyonda kullanılan mikroorganizmalar ve aktiviteleri ile oluşan vitaminler ve biyoaktif peptitler gibi bileşenlere atfedilmektedir. Bu nedenle, fermente gıdaların tüketicilere temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayabileceği belirtilmektedir (Ni & Raikos, 2019). Tüketicilere bu terapötik özellikleri sağlayan mikroorganizmaların ve derivatlarının ulaştırılmasında emülsiyon yapıdaki gıdalar karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle fermente gıdalar bu terapötik özellikler için "araç/taşıyıcı (vehicle)" olarak tanımlanmaktadır (McClements, 2018).

Tüketicilerin doğal içeriklere olan talebi ile süt proteini, peynir altı suyu protein izolatu, sodyum kazeinat ve β -laktoglobülin gibi peynir altı suyu protein fraksiyonları ve laktoferrin gıdalarda emülsiyon yapıların oluşturulması ve stabilize edilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Viriato vd., 2022).

2.3.1. Fermente süt sistemi

Dünya çapında yaygın olarak üretilen fermente süt ürünlerinin, terapötik özellikleri nedeni ile tüketimleri önemli bir artış göstermektedir (Bourrie vd., 2016; Chen vd., 2019). Fermantasyon ile gıdaların genellikle besinsel özellikleri ve biyoyararlanımı artmaktadır. Bu nedenle laktoz intoleransı olan veya özel diyetleri uygulayan bireylerin beslenme programlarına fermente ürünler kolaylıkla ilave edilebilmektedir (Shiby & Mishra, 2013).

Fermente sütler, fermantasyon için kullanılan belirli bir kültür yada kültür kombinasyonları ile üretilmektedir (izelge 2.2.) (Codex Alimentarius, 2011; Garca-Burgos vd., 2020). Sütün fermantasyonunda genellikle *B. breve* C50, *B. lactis*, *B. longum*, *B. animalis* gibi *Bifidobacteria*, *L. acidophilus*, *L. rhamnosus*, *L. johnsonii*, *L. casei* gibi *Lactobacillus* spp. ve *S. thermophilus* gibi suşlar tercih edilmektedir. Bu suşların üründe canlı olarak bulunması fermente süt ürünlerinin yenilikçi, sağlıklı ve fonksiyonel gıdalar geliştirmede kullanılabilecek mkemmek matriks olduğunu ortaya koymaktadır (Granier vd., 2013).

Genel olarak fermente süt üretimi; sütün pastörizasyonu, kullanılacak starter kültürlerin çeşidine göre uygun sıcaklıklara soğutulması (mezofilik kültürler 24-32°C ve termofilik kültürler 35-43°C), starter kültür ve/veya substratların, katkı maddelerinin ilave edilmesi, uygun sıcaklıkta inkübasyon, ürünün soğutulması ve paketlenmesi aşamalarını içermektedir (Puniya, 2015).

Codex Alimentarius (Fermented milks (CODEX STAN 243-2003))'a göre, "fermente süt, süt ve/veya süt ürünleri kullanılarak (yağlı, yarım yağlı, yağsız, konsantre süt, yayık altı suyu tozu, konsantre veya peynir altı suyu tozu, süt proteini, krema, tereyağı veya süt yağı) belirli mikroorganizmaların etkisi ile asitliğin geliştirilmesi ve sonrasında proteinlerin koagülasyonu ile sonuçlanan ürün" olarak tanımlanmaktadır. Fermente sütler, fermantasyonda yer alan mikroorganizmalara göre gruplara ayrılmaktadır. Yoğurt, ayran, dahi gibi "termofilik laktik asit bakterileri" ile laktik fermantasyon; Doğal asitlendirilmiş süt, fermente süt, fermente krema, fermente yayıkaltı, Asidofillus sütü ve Bifidus sütü, gibi "mezofilik laktik asit bakterileri"; LAB'i ve mayaların fermantasyona

dahil olduğu maya-laktik fermentasyon; Kefir, Kımız ve *Acidophilus*-maya sütü gibi alkollü ürünler ile Viili gibi küflü sütleri içermektedir (Tamime, 2002; Tamang vd., 2016).

Çizelge 2.2. Fermente süt çeşitleri

Fermente süt çeşitleri	Üretimde kullanılan mikroorganizma türü
Yoğurt	<i>S. thermophilus</i> ve <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
Alternatif/Fonksiyonel kültürlü yoğurt	<i>S. thermophilus</i> ve <i>Lactobacillus</i> spp.
<i>Acidophilus</i> sütü	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Kefir	<i>Lactobacillus kefir</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Lactococcus</i> ve <i>Acetobacter</i> spp. içeren kefir tanelerinden hazırlanan kültür. Kefir taneleri; laktozu fermente edebilen, <i>Kluyveromyces marxianus</i> ve laktozu fermente edemeyen <i>Saccharomyces unisporus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ve <i>Saccharomyces exiguous</i>
Kımız	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ve <i>Kluyveromyces marxianus</i>

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022/44)’ne göre; sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda canlı ve aktif olarak raf ömrü sonuna kadar bulunduran süt ürünü olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2022).

Fermente süt ürünleri üretiminde mikroorganizmaların canlılıklarının korunması amacı ile mineral maddeler, karbonhidratlar, tatlandırıcılar, aroma bileşikleri, doğal renklendiriciler ve katkı maddeleri ile biyoteknolojik ve emülsifikasyon gibi çeşitli yöntemler de kullanılabilmektedir (Tripathi & Giri, 2014).

Yapılan bir çalışmada, farklı magnezyum tuzları ilave edilerek, *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12 ile fermente edilen sütlerde, Magnezyum D-glukonat ilavesinin, probiyotiklerin gelişmesini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir (Szajnar vd., 2019).

Fermente süt ürünlerine meyve, sebze ve içeriklerinin ilave edilmesi ile probiyotiklerin canlılıklarının korunduğu/arttığı bildirilmiştir (Karaman & Ozcan, 2021). Bu amaçla, keçi sütü, zm posası ve *L. acidophilus* LA-5 ve *L. rhamnosus* HN001 ile fermente edilen sütlerde zm posasının antioksidan özelliğinin probiyotik mikroorganizmalar üzerinde koruyucu bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Dos Santos vd., 2017).

Barat & Ozcan (2018)'nın yaptıkları bir çalışmada, karadt, kırmızı üzüm ve kızılıcık kullanılarak üretilen probiyotik fermente içeceklerde *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *B. lactis*'in biyoterapötik etki seviyelerinden daha yüksek canlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Yeni bir gıda ürününün ticarileştirilmesi, potansiyel tüketiciler tarafından duysal olarak beğenilmesi ile de yakından ilişkilidir. Farklı fonksiyonel fermente süt ürünleri üretiminde tek kültürlerin kullanılması uzun fermentasyon süresi, ürünlerde aroma eksiklikleri veya *Bifidobacterium* spp.'nin asetik asit üretmesi gibi, istenmeyen tatların oluşumuna ve kusurlara neden olabilmektedir (Cruz vd., 2010; Karimi vd., 2012; Mohammadi vd., 2012). Bu nedenler ile yenilikçi fermente süt üretimi ve/veya hali hazırda satışta olan fermente sütlerin geliştirilmesi amacı ile kullanılan mikroorganizmaların kaynağı, türü, inokülasyon miktarı kültür kombinasyonlarındaki bakteriyel etkileşim, gıda matriksi, substrata ulaşmada rekabet ve biyolojik simbiyotik yaşam anahtar rol oynamaktadır (Kwak vd., 2014).

Geleneksel bir Türk içeceği olan ayranın raf ömrü süresince organoleptik özelliklerinin korunmasının amaçlandığı bir çalışmada, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'a geleneksel olarak üretilen ayranlardan izole edilen starter kültürlerin farklı kombinasyonları denenmiştir. *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *L. paracasei* kültür kombinasyonu ile üretilen ayranların uzun raf ömrü, besinsel ve duysal kalite açısından iyi özellikler gösterdiği ancak tipik yoğurt ve süzme peynir aromasının değiştiği bildirilmiştir (Baruzzi vd., 2016).

Çarkıfelek meyvesi ve buriti pulplarının probiyotik ve laktik asit bakterileri ile fermente süt üretimine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada ise, çarkıfelek meyvesinin, karbon

kaynağı olarak etkili olduğu *L. casei* SJRP38'in, fermente süt üretiminde ilk inokülasyon miktarına göre, 1,8 log₁₀ kob/mL artış gösterdiği tespit edilmiştir (Borgonovi vd., 2021).

Kırmızı pancar kullanımının *L. casei* ile üretilen probiyotik yoğurdun jel yapısı ve fonksiyonel özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Örneklerin 28 gün soğukta depolanması ile kırmızı pancarın fenolik bileşiklerinin potansiyel prebiyotik etkisi sonucunda *L. casei*'nin canlılığının probiyotik ve terapötik düzeylerde (>9 log₁₀ kob/g) tespit edildiği belirtilmiştir (Ozcan vd., 2021).

Pastörize portakal suyu, süt, *L. brevis* POM ve *L. plantarum* TR-7, TR-71, TR-14 ile hazırlanan fermente içeceklerde, *L. plantarum* TR-7 içeren ürün dışında, diğer örneklerde fermantasyon süresinin arttığı ancak, portakal suyu-süt içeceklerinin *L. brevis* POM ve *L. plantarum*'un (TR-71, TR-14) gelişebilmesi için uygun bir ortam olduğu bildirilmiştir (de la Fuente vd., 2021).

L. brevis CGMCC1.5954 kullanılarak fermente edilen yoğurt üretiminde γ -aminobütirik asit (GABA) içeriğinin 147,36 mg/100 mL olduğu ve kontrol grubuna göre %317,06 daha yüksek belirlendiği saptanmıştır. Ayrıca, yoğurdun sertlik, yapışkanlık ve iç yapışkanlık gibi tekstürel ve aroma özelliklerinin iyileştiği bildirilmiştir. Yoğurt örneklerinde toplam 58 uçucu aroma bileşiğinin tanımlandığı ve bunlardan 2-nonanon ve 2-heptanon bileşiklerinin GABA ile zenginleştirilmiş yoğurdun kokularının değerlendirilmesinde yüksek puan alması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Fan vd., 2023).

Fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde, süt ve ürünlerine kolaylıkla adapte edilebilmektedir. Bu amaçla, *L. plantarum*, *L. salivarius*, *L. brevis* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *S. thermophilus* kullanılarak üretilen yoğurtların mikroorganizma canlılıkları ve duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Yoğurt üretimine probiyotik *Lactobacillus* suşları ilavesinin fermantasyon süresini değıştirmedeğı belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda yoğurtların yapı/tekstür ve dış görünüş parametrelerinin değerlendirmesinde sırası ile *L. plantarum* ve *L. brevis* örneklerinin kontrole yakın özellikler gösterdiği belirtilmiştir. *L. brevis* içeren yoğurtlarda daha yoğun

aroma ve atipik tat tespit edilmiştir. *L. plantarum* ilaveli yoğurtların, kontrole benzer şekilde yüksek genel kabul edilebilirlik gösterdiği de bildirilmiştir (Tropcheva vd., 2014).

L. brevis KU200019 ve fruktooligosakkaritler (FOS) ile zenginleştirilmiş fonksiyonel simbiyotik yoğurt geliştirmek için yapılan bir çalışmada, probiyotik bakteri veya FOS'in ilave edilmesinin duysal özellikler üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığı ve *L. brevis* KU200019 ve FOS'in süt endüstrisinde simbiyotik olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Kariyawasam vd., 2021).

Kefir fermantasyonunda mayaların kontrolsüz gelişimi bozulmalara neden olabilmektedir. Bu nedenle, mayasız kefir benzeri fermente süt ürünü elde etmek amacı ile kefir kültüründe bulunan maya yerine *L. acidophilus* KCNU ve *L. brevis* Bmb6 kullanılmış ve fonksiyonel bir kültür kombinasyonu oluşturulmuştur. Fermantasyon süresinin 12 saatte ve kontrol kültür ile benzer sürede tamamlandığı saptanmıştır. Ayrıca duysal değerlendirme sonucunda da, kontrol örneğinin lezzetine oldukça benzer özellik gösterdiği bildirilmiştir (Lee vd., 2020).

Fermente süt ürünlerinde bulunan LAB'nin antifungal aktivitelerinin araştırılması amacı yapılan bir çalışmada, Bulgaristan'da üretilen geleneksel süt ürününden 4 farklı *L. brevis* suşu izole edilmiştir. *L. brevis* KR3, KR4 ve KR51 suşlarının *Penicillium claviforme*, *Aspergillus awamori* ve *Aspergillus niger*'e karşı antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Tanımlanan *L. brevis* suşlarının antifungal aktivitesinin sonucu olarak, bakterinin küflere karşı biyo-koruyucu ajan olarak farklı gıdalarda uygulamalarının olabileceği belirtilmiştir (Tropcheva vd., 2014a).

İnulin ve *L. brevis* PML1 ile fermente edilmiş, simbiyotik bir ürünün geliştirildiği çalışmada, *L. brevis* PML1'in 10^8 kob/g'a ulaştığı, 14 günlük depolamadan sonra canlılığını koruduğu saptanmıştır (Falah vd., 2021).

Yapılan bir çalışmada, farklı deve sütü örneklerinden elde edilen 9 adet laktik asit bakteri izolatu, inek sütünde gelişme yeteneklerine göre seçilerek fermente süt üretimi gerçekleştirilmiştir. İzolatların 4'ünün *Leu. mesenteroides* subsp. *dextranicum*, 2'sinin *L.*

brevis, 2'sinin *L. plantarum* ve 1'inin *Lc. lactis* subsp. *lactis* olduğu belirlenmiştir. Seçilen izolatlar ve ticari mezofilik O-tipi kültür kombinasyonları ile fermente süt üretilmiştir. Sadece *Leu. mesenteroides* ve *L. brevis* ile üretilen fermente sütlerin duyuşal değerdendirmelerinde kükürt aromasının baskın olduğu ve en yüksek kükürt uçucu bileşiklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *L. brevis* ve *L. plantarum* kombinasyonu ile üretilen fermente sütlerin, kısa zincirli yağ asitleri miktarı yüksek olarak belirlenmiş ve peynir aromasına sahip olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, özellikle peynir üretiminde *L. brevis* ve *L. plantarum* izolatlarının kombinasyonunun kullanılabileceğı belirtilmiştir (Belkheir vd., 2016).

Kefir tanelerinden yüksek selenyum konsantrasyonlarında gelişebilen *L. brevis* CGMCC 6683'ün izole edildiğı bir çalışmada, *L. brevis*'in sodyum seleniti, elementel selenyuma indirgeyebildiğı tespit edilmiştir. *L. brevis*'in tespit edilen bu özelliğinden yola çıkılarak selenyumla zenginleştirilmiş yağsız süttten *L. brevis* ve geleneksel yoğurt kültürü (*S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) kombinasyonu ile yoğurt üretilmiştir. Üretilen yoğurtta selenyum konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir. İzole edilen *L. brevis*'in, fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesinde önemli olabileceğı vurgulanmıştır (Deng vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada *L. brevis* KU200019'un prebiyotik kullanımı ve probiyotik özelliklerinin antimikrobiyal aktivite üzerindeki sinerjik etkisi ile fermente süt ürünlerinde ek kültür olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. *L. brevis* KU200019'un, mide (% 99,38) ve safra (% 115,10) ortamlarında referans suşla kıyasla daha yüksek canlılık ve çeşitli gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Kariyawasam vd., 2020).

Farklı LAB'nin temel özellikleri düşünöldüğünde, özellikle *L. casei* grubu, yardımcı starter kültürler olarak kullanılabilmektedir (Stefanovic vd., 2017). *L. paracasei*'nin, geleneksel Gouda peynirlerinin üretiminde yardımcı kültür olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Van Hoorde vd., 2010).

Bu suşların birçoğunun hammadde çiğ süttten daha çok peynir üretiminin farklı proses aşamalarından izole edildiği bildirilmiştir (Van Hoorde vd., 2008; Gobbetti vd., 2015). *L. casei*'nin *L. rhamnosus* ile birlikte uzun süre olgunlaştırılmış Parmigiano Reggiano peynirinin mikrobiyotasını karakterize ettiği ve aroma üretiminde yer aldığı belirtilmektedir (Gatti vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada yardımcı aromatik starter kültür olarak kullanılabilecek yeni suşları izole etmek için çiğ süt kullanılmış ve Parmigiano Reggiano peynirinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada izole edilen, *L. casei* ve *L. paracasei* türlerine ait suşlarının ve *L. paracasei* 4341'in, asidifikasyonu sağlamasının yanı sıra aromatik özellikleri nedeni ile teknolojik açıdan ilgi çekici olduğu belirtilmiştir (Bancalari vd., 2017).

Kazein ve elma parçaları ilavesi ile dondurularak kurutulmuş immobilize *L. casei* ATCC 393'nin, probiyotik yoğurt üretimi için kullanıldığı bir çalışmada, probiyotik kültürün fizikokimyasal özellikleri, canlı hücre sayısı, uçucu aroma bileşikleri oluşumu, duysal özellikleri, 4 °C'de 28 günlük depolama süresi boyunca değerlendirilmiştir. Probiyotik yoğurt üretiminde *L. casei* ATCC 393'ün kullanımının, geleneksel olarak üretilen kontrol yoğurt örneğine göre (pH; 4,29, asitlik; 0,83 g laktik asit/100 g, sinerezis; %44,1) daha düşük pH değerleri (3,92-4,12), daha yüksek asitlik (0,88-1,10 g laktik asit/100 g) ve daha düşük sinerezis (%40,8-%42,6) ile sonuçlandığı bildirilmiştir. Depolama süresi sonunda yoğurtlarda immobilize *L. casei* ATCC 393 sayısının $>7 \log_{10}$ kob/g olduğu saptanmıştır. Ayrıca probiyotik kültür ilavesi ile üretilen yoğurtların, organik asit, 2-etil-1-heksanol, asetoin ve 2-bütanon gibi temel uçucu bileşiklerin konsantrasyonlarının önemli ölçüde etkilendiği tespit edilmiştir (Dimitrellou vd., 2019).

Geleneksel starter kültürlerle ek olarak *L. paracasei* IMC502 kullanılarak üretilen yoğurtların temel bileşenlerinin belirlendiği bir çalışmada, yoğurt aromasını oluşturan temel uçucu metabolitlerden asetaldehit, diasetil, asetoin, aseton, bütanoik ve asetik asit miktarlarının yüksek seviyelerde olduğu bildirilmiştir. *L. paracasei* IMC502, aseton ve bütanoik asit oluşumunu teşvik ederken, asetaldehit, diasetil ve asetoin metabolitlerinin miktarını etkilemediği tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresince, karbonil bileşikler,

organik asitler ve serbest amino asitlerin miktarlarının arttığı, asetaldehit, diasetil ve laktoz miktarlarının ise azaldığı saptanmıştır (Gu vd., 2020).

Fermente sütün, çeşitli mikrobiyal ve inflamatuvar süreçleri düzenlediği ve bağırsak koliti üzerindeki etkilerinin yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır. *L. paracasei* PS23 ile üretilen fermente sütün *in vitro* bağırsak epitel hücrelerinde ve *in vivo* dekstran sülfat sodyum (DSS) kaynaklı kolite olan etkisi araştırılmıştır. *L. paracasei* PS23'ün yoğurt kültürü ile birlikte kullanılmasının fermente süt ürünlerinin mikrobiyal ve fizyokimyasal özelliklerine katkıda bulunan simbiyotik bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bağırsak fizyolojisinin düzenlenmesinin *L. paracasei* PS23 ile fermente edilen sütlerin DSS'nin neden olduğu koliti iyileştirdiği tespit edilmiştir (Lee vd., 2021).

Deve sütünden üretilmiş yoğurtlardan yüksek anti-oksidatif aktiviteye sahip probiyotik laktik asit bakterilerinin tanımlandığı bir çalışmada, *L. paracasei* FM-LP-4 suşunun, referans suş olarak kullanılan *L. rhamnosus* GG'den (ATCC53103) daha yüksek 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil süpürme aktivitesi ve indirgeme gücüne sahip olduğu belirlenmiştir. FM-LP-4 suşunun *L. rhamnosus* GG'den asidik safra ve ozmotik basınca karşı daha yüksek toleransa sahip olduğu ve Caco-2 hücrelerine daha iyi yapışma özellikleri gösterdiği saptanmıştır. Bu çalışmada ayrıca, FM-LP-4'ün farelerde uygulanması ile süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktivitelerini önemli ölçüde arttırdığı, malondialdehit ve protein karbonil biyosentezini miktara bağlı bir şekilde inhibe ettiği saptanmıştır (Wang vd., 2016).

İki farklı donma sıcaklığında (-16°C ve -28°C) depolanmış ve farklı şeker oranlarına sahip dondurma üretiminde *L. rhamnosus* GG'nin etkileri araştırılmıştır. LGG suşunun, stres faktörlerinin birçoğuna karşı oldukça dirençli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, dondurma mikslerine 10⁸ kob/g oranında ilave edilen LGG suşunun, overrun, sertlik ve erime davranışını değiştirmedeği saptanmıştır (Alamprese vd., 2005).

Farklı süt ürünlerinden (matsoun, ekşi krema ve farklı peynir çeşitleri) izole edilen *Lactobacillus*'ların, antifungal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, *L. rhamnosus* MDC 9661 suşunun *Penicillium aurantioviolaceum* ve *Mucor plumbeus*'un gelişiminde

inhibitör aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. *L. rhamnosus*'un antifungal aktivitesi, 3-10 pH aralığında etkili olduğu ve *L. rhamnosus* MDC 9661'in, fonksiyonel süt ürünleri üretiminde ve gıda güvenliğinin sağlanması amacı ile kullanılabileceği önerilmiştir (Bazukyan vd., 2018).

Düşük kalorili simbiyotik yoğurt üretiminde *L. acidophilus* (NCDC 13), *L. paracasei* ssp. *paracasei* (NCDC 627), *L. rhamnosus* (NCDC 610) *L. plantarum* (NCDC 344) suşlarının kullanıldığı bir çalışmada, *S. thermophilus* ile *L. rhamnosus*'un asitlik geliştirme oranının 4,23 pH, probiyotik mikroorganizma sayısının 9,10 log₁₀ kob/mL, spesifik gelişme oranının 0,47 sa⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Yağsız süttten yoğurt üretiminde, LR-74 (*S. thermophilus* ve *L. rhamnosus*)'ün, en uygun kültür kombinasyonu olduğu belirtilmiştir. İnülin ve oligofruktozun farklı oranlarda kullanımının değerlendirilmesi ile de % 2'lik inülin ve oligofruktoz kombinasyonunun viskoziteyi, tekstürel ve duyuşal özellikleri geliştirdiği, probiyotik mikroorganizma sayısını desteklediği saptanmıştır (Chand vd., 2021).

Probiyotik yoğurtlara, kısa ve uzun zincirli inülin ilavesinin *L. rhamnosus*'un gelişimine ve yoğurdun fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Probiyotik yoğurtta kısa zincirli inülinin bulunması ile *L. rhamnosus* canlılığının (6,71 log₁₀ kob/g) arttığı ve kısa zincirli inülin içeren yoğurdun, uzun zincirli inülin içeren yoğurttan koku, tat ve genel kabul açısından daha yüksek puanlar aldığı bildirilmiştir. Ancak inülin zincir uzunluklarının kıvam, görünüş ve organik asit profilini önemli ölçüde etkilemediği belirtilmiştir (Canbulat & Özcan, 2015).

Cichosz vd. (2014)'nin yaptığı bir çalışmada, probiyotik *L. rhamnosus* HN001'in İsviçre ve Hollanda tipi peynir ve peynir benzeri ürünlerde kullanımı araştırılmıştır. *L. rhamnosus* HN001'in Hollanda tipi peynirlerde kullanımının kimyasal bileşimi (protein ve yağ içeriği) önemli ölçüde değiştirdiği ve peynir randımanını arttırdığı belirlenmiştir. Ancak, İsviçre ve Hollanda tipi peynirlerin depolanması sırasında canlı probiyotik hücre sayısında azalma saptanmıştır (Cichosz vd., 2014).

Süt endüstrisinde, küflerin neden olduğu bozulmaların engellenmesi amacı ile kullanılan, natamisin, potasyum sorbat gibi katkı maddelerine bir alternatif olarak biyolojik korumanın kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, Garnier vd. (2019)'nin yaptıkları çalışmada, *Penicillium commune*, *Mucor racemosus*, *Galactomyces geotrichum* ve *Yarrowia lipolytica*'nın neden olduğu bozulmaların engellenmesi amacı ile model peynir sisteminde 23 adet laktik asit bakterisi ve 4 adet propiyonik asit bakterisinden elde edilen fermentatların antifungal aktivitesi araştırılmıştır. En aktif fermentatların, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. casei/paracasei* ve *L. plantarum* ve *P. jensenii*'den elde edildiği belirtilmiştir. *L. rhamnosus* CIRM-BIA1952, *P. jensenii* CIRMBIA1774'dan elde edilen fermentatlar ekşi krema ve yarı sert peynir üretiminde değerlendirilmiştir. *L. rhamnosus* CIRM-BIA1952'dan elde edilen fermentatın *M. racemosus* ve *P. commune*'nin neden olduğu bozulmalar % 2 ve % 5 uygulama oranlarında sırası ile 7 ve 8 güne kadar engellendiği tespit edilmiştir (Garnier vd., 2019).

Farklı orijinli (ABD, Avustralya ve Hindistan) kefir daneleri ve starter kültür kullanılarak hazırlanan kefirde *L. rhamnosus* GG sayısının $7,09 \log_{10}$ kob/g olduğu ve probiyotik kültür ilavesinin kefirin kalite özelliklerinde değişikliğe neden olmadığı ve probiyotik taşıyıcısı olarak da kullanılabileceği bildirilmiştir (Mitra & Ghosh, 2020).

Fermente süt üretiminde *L. rhamnosus* GG'nin tek başına kullanımı fermantasyon süresinin uzamasına neden olmaktadır. *L. rhamnosus* GG'nin prebiyotik substratlar ile birlikte fermantasyonu inkübasyon süresini kısalttığı gibi, asitlik gelişimi ve organik asit oluşumunu desteklemekte, su tutma kapasitesini arttırmakta ve duyuşal özelliklere ise olumlu etkilemektedir (Canbulat & Ozcan, 2015; Sun vd., 2019).

Fermantasyon süresinin kısaltılmasının amaçlandığı bir çalışmada, LGG'nin besin ihtiyacı araştırılmıştır. Besin gereksinimleri profiline dayanarak, sistein, serin, arjinin, prolin, aspartik asit, glutamik asit, guanin, urasil ve ksantin'in ilavesi ile hazırlanan fermente modifiye süt, sadece LGG içeren fermente süt ile karşılaştırıldığında, fermantasyon süresinin 5 saat kısaldığı, canlı hücre sayısı, titrasyon asitliği ve su tutma kapasitesinin, süte besin eklenmesi ile iyileştiği tespit edilmiştir. Ayrıca besin ilavesinin

fermente sütün duyuşal ve tekstürel özelliklerini değiştirmediği de bildirilmiştir (Sun vd., 2019).

2.3.2. Süt yağı esaslı sistemler

Sütün lipit bileşenleri, kimyasal olarak karmaşık bir yapıda, yağ globülleri olarak tanımlanan küresel-damlacık şeklinde ve sütte emülsiyon halinde bulunmaktadır. İnek sütünde süt yağı, toplam süt bileşiminin yaklaşık % 3,5-5,2'sini temsil etmekte ve yapısal olarak toplam süt lipitlerinin % 98'inden fazlası trigliseritlerden oluşmaktadır. Süt lipitlerinin geriye kalan kısmı (~% 2) ise özellikle diaçilgliseroller (digliseritler), monoaçilgliseroller (monogliseritler), serbest yağ asitleri, fosfolipitler ve kolesterol'den oluşmaktadır (Singh & Gallier, 2017). İnek sütünün yağ globül çapı ortalama 3-4 µm'dir. Yağ globül boyutu elde edilen hayvanın türü, laktasyon aşaması ve beslenmeye göre değişiklik göstermektedir (Huppertz & Kelly, 2006; Martini vd., 2016).

Sütte yağ globülleri, süt yağı globül membranı (SYGM) olarak bilinen bir ara yüzey tabakası ile stabilize edilmektedir. SYGM, yaklaşık 8-10 nm boyutunda fosfolipit ve protein yapısına sahip katmanlardan oluşmaktadır (Heid & Keenan, 2005). SYGM, sütteki yağ globüllerinin bir araya toplanmasını önleyen ve yağı enzimatik reaksiyonlara karşı koruyan doğal bir emülsifiye edici ajan olarak görev almaktadır (Dewettinck vd., 2008; Singh & Gallier, 2017).

Süt yağı, bireylerin günlük diyetlerinde süt, krema, çırpılmış krema, peynir, tereyağı gibi süt ürünlerinde farklı formlarda bulunmaktadır (Lopez, 2020). Endüstride, yağ globüllerinin modifikasyonları ve emülsiyon özelliği ile süt ürünlerinin istenilen fiziksel ve kimyasal özelliklerinin oluşturulması sağlanabilmektedir (Bourlieu & Michalski, 2015; Lopez vd., 2015; Gallier vd., 2017).

Süt yağı, depolama (4-7°C), tüketim ve sindirim (37°C) sıcaklıkları gibi geniş bir sıcaklık aralığında yarı katı (kristal ağ ve sıvı yağ karışımı) yapıya sahip bulunmaktadır. Süt yağının bu kristalleşme davranış, yüksek miktarda doymuş yağ asitleri içeren bileşiminden ve triaçilgliserollerin polimorfizminden kaynaklanmaktadır. Süt yağının kristalleşme özellikleri, soğutma, ısıtma hızı, lipit bileşenlerinin yapısı (susuz ve

emülsifiye edilmiş), yağ asitleri ve triağılglicerollerin bileşimindeki değışiklikler gibi birçok parametreden etkilenebilmektedir. Triağılglicerol kristalleri, tereyağı, krema, peynir gibi ürünlerin reolojik ve duysal özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir yapısal özellik göstermektedir (Lopez, 2020).

Sıvıların akışkanlığını, katıların ise deformasyonunu inceleyen reolojik özellikler, teknolojik ve duysal kalite açısından krema, süt yağı, tereyağı ve sürülebilir süt ürünlerinin üretiminde de önemli bir yer tutmaktadır. Materyale uygulanan bu kuvvetler doğal kuvvetler (yer çekimi) ya da endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan proses ekipmanları ile sağlanabilmektedir (Keser & Ozcan, 2020; Macias-Rodriguez & Marangoni, 2020).

Süt yağı, karmaşık yağ asitleri ve triağılglicerol bileşimi ile tereyağına ve diğer süt yağı esaslı ürünlere benzersiz bir tat ve aroma sağlamaktadır. Bununla birlikte, -40°C’de tamamen katı ve +40°C üzerinde ise tamamen sıvı formda bulunmaktadır. Süt yağının erime davranışı ve tekstür profili, soğutma sıcaklığındaki (7-10°C) ürünlere işlevsel olarak kıvam ve sürülebilirlik özellikleri açısından kullanımını sınırlandırmaktadır (Buyukbese vd., 2018). Sıvı ve kristalize yağ içerikleri arasındaki denge, süt yağının doğal esnekliğini karakterize etmekte ve bu kristalleşme davranışı süt yağına, β polimorfizminde plastisite ve yumuşaklık özelliğini kazandırmaktadır (Ronholt vd., 2013).

Teknolojik çözüm arayışlarında, süt yağı bazlı sistemlerin bileşimini ve/veya fiziksel özelliklerini değıştirecek modifikasyonlar önerilmektedir. Bu modifikasyonlar, fraksiyonlama yolu ile elde edilen süt yağından düşük sıcaklıkta eriyen triağılglicerollerin eklenmesi, kremanın olgunlaşma sıcaklığının veya soğutma hızlarının modifikasyonu, inert havanın dahil edilmesi, besleme değışikleri, veya ara esterifikasyonlu veya ara esterleşmesiz süt yağı ve doymamış bitkisel yağlar içeren karışımların kullanımı dahil olmak üzere çeşitli prosedürler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir (Viriato vd., 2019).

Süt yağı esaslı ürünler, susuz süt yağı, tereyağı, krema ve sürülebilir süt yağları dahil olmak üzere yağ içeriklerine göre birkaç kategoriye ayrılmaktadırlar (Lee vd., 2018) (Çizelge 2.3).

Codex Alimentarius (2007)'a göre, "susuz süt yağı (Sadeyağ, Ghee, Butter oil), tereyağından ve/veya süttten elde edilen, suyun ve diğer yağsız kurumaddelerin neredeyse tamamen ayrıştırılması ile elde edilen ürünler" olarak tanımlanmaktadır. Susuz süt yağının en az % 99,8 (m/m) süt yağı ve en fazla % 0,1 (m/m) nem içermesi gerektiği belirtilmektedir.

Tereyağı; süt ve/veya kremanın yayıklanması ile elde edilmektedir. Günümüzde, geleneksel tereyağının yanı sıra, halk sağlığı endişelerini karşılamak ve tereyağı kalitelerini iyileştirmek için yağı azaltılmış ve az yağlı tereyağı (sürülebilir) gibi çeşitli tereyağı ürünleri de tüketici ile buluşturulmuştur.

Çizelge 2.3. Süt yağı ve sürülebilir yağların sınıflandırılması

Süt yağı ürünleri (Yağ kaynağı: Süt yağı, süt yağı içeriği $\geq$ % 10)		Karışımlar ve karıştırılmış sürülebilir ürünler (Yağ kaynağı: Tereyağı ve bitkisel yağ, süt yağı içeriği $\geq$ % 3)		Sürülebilir yağlar (Yağ kaynağı: Bitkisel yağlar ve/veya tereyağı, süt yağı içeriği $<$ % 3)	
Süt yağı içeriği	Kategori	Yağ içeriği	Kategori	Yağ içeriği	Kategori
$>$ % 99,8	Susuz süt yağı 1- Susuz süt yağı 2- Tereyağından elde edilen susuz süt yağı	$\geq$ % 80	Karışımlar	$\geq$ % 80	Margarin (yağı azaltılmış margarin veya light margarin)
$\geq$ % 80	Tereyağı (yağı azaltılmış veya light tereyağı)	% 10-80	Sürülebilir karışımlar	% 10-80	Sürülebilir yağlar
$\geq$ % 10	Krema				

Codex Alimentarius (2007)'a göre tereyağı, yalnızca süttten elde edilen minimum % 80 süt yağı (m/m), maksimum % 16 su (m/m) ve % 2 yağsız kuru madde (m/m) içerebilen ürün olarak tanımlanmıştır. Avrupa Birliği (2013)'ne göre tuzsuz tereyağında ağırlıkça minimum süt yağı içeriği % 82 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2013) (Çizelge 2.4).

Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği (Tebliğ No: 2005/19)'ne göre tereyağı, "Ağırlıkça en az % 80, en fazla % 90 oranında süt yağı, en fazla % 2 oranında yağsız süt kuru maddesi ve en fazla % 16 oranında su içeriğine sahip ürün" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2005).

Çizelge 2.4. Tereyağı standartları

Kurum	Ürün	Süt yağ içeriği	Tanımlama
Codex Alimentarius	Tereyağı	Minimum % 80 (m/m)	Yalnızca süttten elde edilen yağlı ürün ve/veya olarak süttten elde edilen ürünler, yağ içinde su emülsiyonu
Avrupa Birliği & Türk Gıda Kodeksi	1- Tuzsuz tereyağı	% 82-90	Krema veya süttten üretilen, ağırlıkça minimum % 82 süt yağı ve maksimum su içeriği ağırlıkça % 16 olan tuzsuz tereyağı
	2- Tuzlu tereyağı	% 80-90	Krema veya süttten üretilen, ağırlıkça minimum tereyağı içeriği % 80, maksimum su içeriği ağırlıkça % 16 ve maksimum tuz içeriği ağırlıkça % 2 olan tuzlu tereyağı
	3- Dörtte üçü yağlı tereyağı (yağı azaltılmış)	% 60-62	
	4- Yarım yağlı (az yağlı/light tereyağı)	% 39-41	
	5- Sürülebilir süt ürünü % X	Maksimum % 39 süt yağı % 41-60 süt yağı % 62-80 süt yağı	

Tereyağı diğer hayvansal ve bitkisel yağlardan farklı olarak düşük ve yüksek moleküllü yağ asitlerinin yanı sıra, monoenoik, polienoik doymamış yağ asitleri ve çok sayıda izomeri barındırmaktadır. Tereyağı, endüstriyel üretimde genel olarak süttten kremanın seperasyonu ile üretilirken, geleneksel yöntemler ile süt ya da yoğurttan da elde edilebilmektedir. Tereyağı çeşitleri genel olarak tatlı tuzsuz krema, tatlı tuzlu krema, kültürlü tuzsuz, kültürlü tuzlu tereyağı veya geleneksel ekşi krema tereyağı olarak sınıflandırılmaktadır. Ticari tereyağı üretimi için genellikle "sürekli tereyağı üretimi" tercih edilmekte ancak geleneksel yöntem ile üretim yapan küçük ölçekli üreticiler, "kesikli yöntem" kullanmaktadır (Mortensen, 2011; Avcı & Özcan, 2020).

Codex Alimentarius (2007), "sürülebilir süt yağlarını yalnızca süttten elde edilen ürünler ve süt yağı içeriğinin 10'dan az ve 80'den (g/100g) fazla olmamalıdır" ifadesi ile tanımlamıştır. Ayrıca yağ fazının, ürünlerin kurumadde içeriğinin en az üçte ikisini temsil etmesi gerektiği bildirilmiştir.

Avrupa Birliğı, yağı azaltılmış tereyağı ve diğler sürülebilir süt ürünlerini daha açık ifadeler ile tanımlamaktadır. Avrupa Birliğı 1308/2013 sayılı yönetmeliğı'ne göre, bu ürünlerin katı, biçimlendirilebilir emülsiyon formunda, esas olarak yağ içinde su emülsiyonu halinde ve yalnızca süttten elde edilen ürün olarak tanımlamaktadır. % 60-62 süt yağı içeriğine sahip ürünü "dörtte üçü yağlı tereyağı" ; % 39-41 süt yağı içeriğine sahip ürünü "yağı azaltılmış" veya "yarım yağlı tereyağı", "light" terimlerinin de kullanılabileceğı, diğler süt yağı içeriğine sahip sürülebilir ürünlerin ise "sürülebilir süt ürünü X %" şeklinde tanımlanması gerektiğı belirtilmiştir (Anonim, 2013).

Krema ve ürünleri ise, yağsız sütte süt yağ globüllerinin konsantre emülsiyon formunda bulunan ve ticari olarak yağsız süttten daha az yoğun lipit fazının santrifüjle ayrılması ile üretilmektedir. Codex Alimentarius (1976) kremayı "süttten fiziksel olarak ayrıştırılarak elde edilen, yağsız süt emülsiyonu şeklinde, yağ bakımından nispeten zengin sıvı süt ürünü" olarak tanımlamaktadır. Krema ürünleri özelliklerine ve kullanım alanlarına göre krem şanti ve kahve kreması/sofralık krema veya uygulanan teknolojik işlemlere göre, pastörize krema, UHT krema, donmuş krema, kuru krema ve fermente veya ekşi krema olarak da sınıflandırılabilir (Smiddy vd., 2009; Ozcan & Ozcan, 2022).

Ekşi krema, normal kremanın uygun türdeki laktik asit bakterileri ile fermentasyonu sonucunda elde edilen bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır. Bu krema türü % 20-30 oranında yağ içermekte ve kremada fermente tat ve aromayı oluşturmak için içerisine genellikle laktik asit bakterileri eklenmektedir (Biglarian vd., 2022). Granato vd. (2010) süt ürünlerine probiyotik mikroorganizmaların ilave edilmesinin ürünlerinin fizikokimyasal ve reolojik özelliklerini değıştirdiğini belirtmiştir. Bu nedenle probiyotik ürünlerin üretiminde, probiyotik mikroorganizmalar ve doğal prebiyotikler veya kremanın yağ oranının azaltılması gibi fonksiyonel özelliklerin oluşturulması ayrı bir önem taşımaktadır (Khademi vd., 2022).

Yılmaz-Ersan vd. (2016)'nin *L. acidophilus*, *L. rhamnosus* ve *B. animalis* subsp. *lactis* bakterileri ile ürettikleri probiyotik kremalarda kremanın biyokimyasal özelliklerinin kullanılan kültürün çeşidinden etkilendiği belirtilmiştir. Depolama süresi sonunda kremadaki probiyotik bakterilerin sayısının minimum terapötik etkili probiyotik bakteri sayısından ($6 \log_{10}$ kob/g) az olmadığı saptanmıştır.

Bifidobacterium, *L. casei* ve *L. acidophilus* ile elde edilen ekşi kremaların 5 haftalık depolama süresince kaliteleri değerlendirilmiştir. Üretimde probiyotik mikroorganizmaların farklılığı ile yağ asitleri içeriklerinde değişiklik meydana geldiği belirtilmiştir. Probiyotik bakteri ilavesinin sıklık özelliğini geliştirdiği ürünün kabul edilebilir bileşim ve duyuşal özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Khademi vd., 2022).

Karışık starter kültür (*S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *B. animalis* subsp. *lactis*), *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *L. helveticus* ve *L. casei* ile birlikte kabak çekirdeği yağı ilavesi ile üretilen fermente kremaların fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Tüm örneklerde mikroorganizma canlılık seviyesinin biyoterapötik seviyede ($>7 \log_{10}$ kob/g) olduğu ve kabak çekirdeği yağının bakterilerin gelişimini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Özcan, 2023).

Geleneksel ekşi krema ve tereyağlarında mikroorganizma içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, ortamda hakim cinsin *Lactococcus* (% 59,28) olduğu bildirilmiştir. Ekşi krema ve tereyağı örneklerinin bakteri oranları arasında farklılıklar olduğu ve *L. lactis*, *L. raffinolactis* ve *Acetobacter cibinongensis*'in ekşi kremada ve *S. thermophilus*'un ise tereyağı örneklerinde yüksek oranda tespit edildiği belirtilmiştir. Ayrıca ekşi krema örneklerinde yaygın olarak bulunan bakteri türleri ile ana metabolitler arasında bir bağlantı olabileceğini bildirilmiştir (Yu vd., 2018).

Gıda endüstrisinde kullanılan teknolojilerin gelişmesi ile birlikte modern işleme trendleri arasında ürünlerin doğallığının korunması önemli bir aşamadır. Kültür kullanılarak üretilen süt ürünleri, özellikle bu ürünlerde probiyotik bakterilerin varlığı ile de tüketici tarafından talep edilen doğallığın karşılanabildiği açıktır. Bu amaçla süt yağı, birçok farklı gıdanın üretiminde kullanılan hammaddelerden biri olarak mikroorganizmaların

gelişebilmeleri için önemli besin bileşenlerini içermektedir. Kremanın fermentasyonu ile de daha fazla aromatik lezzette tereyağı üretimi mümkün olmaktadır (Musiy vd., 2017).

Sürülebilir gıda ürünleri ise plastik yapıdadır ve ekmek dilimleri gibi gıdalara kolay uygulanmaktadır. Süt yağı ve diğer yağların (bitkisel, hayvansal veya deniz ürünleri) tereyağı, margarin ve yağ karışımları sürülebilir gıda grubunu oluşturmaktadır. Süt yağının değerlendirmenin en eski yöntemlerinden biri olan tereyağı, uzun yıllardır gıda sektörü dışında da farklı alanlarda değerlendirilmektedir (Panchal & Bhandari, 2020; Tekin-Cakmak vd., 2021).

Gelişmiş ülkelerin beslenmesinde tereyağı sürülebilir ürünler olarak kullanılabilir. Ancak, soğutma sıcaklığında sürülebilirlik özelliği düşüktür ve ortam sıcaklığında plastisitesini kaybetmektedir (Danthine vd., 2014; Duhan vd., 2018). Bu olumsuzlukların varlığı ile süt endüstrisi daha iyi fonksiyonel niteliklere sahip, az yağlı ve düşük maliyetli yağlı ürünlerin üretimini gerçekleştirmektedir. Az yağlı sürülebilir ürünler gibi süt ürünleri bu kategoriye girmektedir (Londhe-Patil vd., 2019). Tüm dünyada tereyağı, sade yağ, krema, paneer, channa, peynir vb. kullanılarak az yağlı sürülebilir ürünlerin geliştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Deshpande & Thompson, 2000; Patange vd., 2015) Kulkarni, 2017; Hemati, 2018; Patange vd., 2022; Kumbhare vd., 2023).

Doymuş monogliserit (MG) içeren emülsiyonlarda, soğukta depolama süresince probiyotik *L. rhamnosus* suşunun canlılığının araştırıldığı bir çalışmada, lipit fazı olarak ayçiçek yağı ve susuz süt yağı, su fazı olarak UHT yağsız süt, potasyum bikarbonat ve potasyum karbonat çözeltileri kullanılarak altı emülsiyon hazırlanarak inceleme yapılmıştır. *L. rhamnosus* içeren tüm örneklerin zayıf jel yapısı gösterdiği, ancak susuz süt yağı içeren MG bazlı emülsiyonların, yağ içerenlerden önemli ölçüde daha yüksek mukavemete sahip olduğu ve soğukta depolama sırasında, yağsız süt kullanılarak hazırlanan MG bazlı emülsiyondaki *L. rhamnosus*'un, kontrol ve diğer örneklerle göre daha yüksek oranda canlılığını koruduğu saptanmıştır (Marino vd., 2017).

Peynir altı suyu protein konsantresi, lesitin ve inülin kullanılarak hazırlanan süt yağı emülsiyon esaslı, sürülebilir ürünlere *L. acidophilus* La-5, *S. thermophilus* ve *B. animalis* BB-12 ilave edilerek reolojik ve tekstürel özellikler araştırılmıştır. İnulin ve süt yağının % 20 konsantrasyonda kullanıldığı ve yalnızca peynir altı suyu protein konsantresi içeren örneklerdeki mikroorganizma sayının terapötik düzeyde (10^7 kob/g) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, emülsiyon ürünlerde, sürülebilirlik özelliklerinin margarinlere benzer olduğu belirtilmiştir (Toczek vd., 2022).

Kültür kullanılarak üretilen ticari tereyağlarında genellikle *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* ve *Leu. mesenteroides* ssp. *cremoris* suşlarının bir arada bulunduğu starter kültürler yer almaktadır (Frede, 2002). Bu bakterilerden *Lc. lactis* ssp. *lactis* ve *Lc. lactis* ssp. *cremoris* asitlik, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* ve *Leu. mesenteroides* ssp. *cremoris* ise aroma gelişiminde fermantasyonda etkili olmaktadır (Akgül, 2020).

Ferreira vd. (2020), probiyotik tereyağı üretimi için gerçekleştirdikleri bir çalışmada, üç farklı probiyotik ilaveli tereyağı ve geleneksel yöntem ile üretilmiş tereyağını karşılaştırmışlardır. Geleneksel tereyağı üretimi için kullanılan pastörize edilmiş ($94\pm 1^\circ\text{C}$, 5dk) krema (% 40), ticari starter kültür (*Lc. lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc*, *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*) kullanılarak 19°C 'de 34 saat fermente edilerek üretilmiştir. Probiyotik kültür içeren tereyağı ise *L. casei*, *L. plantarum* ve *L. paracasei* (1:1:1) kullanılarak üretilmiştir. Çalışma sonucunda, tereyağlarında probiyotik bakteri sayısının 26. saatin sonunda en yüksek değere ulaştığı, fermantasyonun 12. saatinde LAB sayısının P+A tereyağında 7 kob/mL, A+P tereyağında ise 5 kob/mL olarak tespit edildiği belirlenmiştir. Aromatik starter kültürün probiyotik suşlar ile kullanılmasının sinerjik bir etki gösterdiği ve probiyotik kültür ilave edilen tereyağlarının geleneksel-standart yöntem ile üretilen tereyağlarına göre daha yumuşak yapıda olduğu tespit edilmiştir.

Sagdic vd. (2002) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'nin farklı illerinden temin ettikleri yayık tereyağlarından laktik asit bakterilerinin izolasyonunu yapmışlar ve tereyağında starter kültür olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. 85 farklı LAB suşunun izole

edildiği çalışmada, *S. thermophilus*, *Streptococcus* ssp., *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *L. casei* ssp. *casei*, *L. paracasei* ssp. *paracasei*, *E. faecium*, *Leu. mesenteroides* ssp. *dextranicum*, *Leu. mesenteroides* ssp. *mesenteroides* ve *Leu. paramesenteroides* suşlarını tanımlamışlardır. Araştırmada 1'i kültür ilavesiz kontrol örneği, 1'i ticari starter kültür (A: *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. *diacetyllactis*, *Leu. mesenteroides* ssp. *cremoris*) ve 4'ü izole edilen LAB'den (B: *S. salivarius* ssp. *thermophilus*, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* C: *S. salivarius* ssp. *thermophilus*, *Leu. pseudomesenteroides* D: *S. salivarius* ssp. *thermophilus*, *L. casei* ssp. *casei* E: *L. casei* ssp. *casei*, *L. paracasei* ssp. *paracasei*, *Leu. Pseudomesenteroides*) 4 farklı kombinasyon olmak üzere toplam 6 farklı deneme tereyağı üretmişlerdir. Çalışma sonucunda, *S. salivarius* ssp. *thermophilus* ve *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'tan oluşan kombinasyon ile üretilen deneme tereyağlarının en iyi duyuşal özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir.

Bakirci vd. (2002) 4 farklı ticari starter kültür kullanarak tereyağı üretmişlerdir. Elde edilen tereyağlarının yağ içeriği % 82-83, nem içeriği %14-15 olarak tespit edilmiştir. Serbest yağ asit içeriğini 1,56-1,69 mg KOH/g, peroksit değerini 1,24-1,70 meq O₂/kg, diasetil miktarını ise 0,74-1,70 ppm olarak saptamışlardır. Tereyağı örneklerinde kültür çeşidi, depolama sıcaklığı ve süresinin titrasyon asitliği, hidrolitik/oksidatif acılaşma ve diasetil içeriğini etkilediğini bildirmişlerdir.

Erkaya vd. (2015) yapmış oldukları bir çalışmada, yardımcı kültür olarak *L. acidophilus* ATCC 4356 ve *B. bifidum* ATCC 29521 suşları ile tereyağı üretmişlerdir. Çalışma sonucunda, probiyotik suş ilavesi ile elde edilen tereyağlarının pH, asitlik ve peroksit değerlerinin önemli derecede etkilendiği, doymuş yağ asidi oranlarının depolama süresince kontrol tereyağına göre, probiyotik tereyağlarında daha yüksek olduğu ve oleik asit oranının ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ewe & Loo (2016) *L. helveticus* ile fermente edilen kremadan üretilen tereyağlarının fizikokimyasal ve reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, kültür ilave edilmemiş kremadan elde edilen tereyağı kontrol olarak kullanılmıştır. Kremanın pH değerinin 6,88'den 5,84'e, fermente kremanın yayıklanması ile birlikte laktik asit bakteri sayısının da 8,67 log₁₀ kob/mL'den 5,72 log₁₀ kob/mL'ye düştüğü belirlenmiştir. Kontrol

ve fermente tereyağında nem miktarı sırası ile % 31,25, % 22,15; yağ miktarı % 66,24, % 75,19; kül miktarı, % 0,04, 0,02; asit değeri 1,22 (mg/g), 1,77; erime sıcaklığı ise 24,87, ve 24,37 olarak tespit edilmiştir. *L. helveticus* ile üretilen tereyağlarının kontrol örneğine göre daha yüksek oranda doymamış yağ içerdiği, yüksek doymamış yağ asitleri bileşimindeki, çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinin ise 3,6 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tereyağının yağ asidi bileşiminin değişmesinin daha yumuşak bir yapı ile sonuçlandığı belirtilmiştir.

Tsisaryk vd. (2018) geleneksel bir peynirden izole edilen *Lc. lactis* (1), *Leu. mesenteroides* (2) ve *L. plantarum* (4) suşları olmak üzere toplam 7 LAB suşunun tereyağında starter kültür olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacı ile suşların optimum sıcaklık, asit oluşturma, sütü pıhtılaştırma aktivitesi ve antibiyotik direnci gibi özelliklerini incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucunda, *Lc. lactis* ssp. *lactis* IMAU32258'in asitlik geliştirici, *Leu. mesenteroides* ssp. *mesenteroides* SWU99202'in aroma geliştirici, *L. plantarum* WCFS1'in ise kolesterol seviyesini düşürmek, bakteriyosin sentezi gibi fonksiyonel özellikleri ile tereyağı üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bellinazo vd. (2019) ticari kültür olarak; *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Leu. mesenteroides*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* ve *Lc. lactis* ssp. *lactis*, ticari probiyotik kültür; *L. casei* ve *L. casei* CSL3 suşu ile biksinin tereyağı üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Çalışmada 6 formülasyon ile üretim gerçekleştirilmiştir; IPBB: biksin + izolat probiyotik + tereyağı CPBB: biksin ve ticari probiyotik + tereyağı ve 4 kontrol; IPB tereyağı + izolat probiyotik, CPB: tereyağı + ticari probiyotik BB: tereyağı + biksin, B: tereyağı. Çalışmada 60 günlük depolama sonunda *L. casei* IPBB: 6,01 log₁₀ kob/g, CPBB: 6,19 log₁₀ kob/g, IPB: 6,45 log₁₀ kob/g, CPB: 6,43 log₁₀ kob/g oranında, ancak 90 gün depolama sonunda IPBB: 5,80 log₁₀ kob/g, CPBB: 5,20 log₁₀ kob/g, IPB: 4,81 log₁₀ kob/g, CPB: 5,12 log₁₀ kob/g olduğu, TBARS değerlerinin ise IPBB:1,28 mg/kg, CPBB:1,31 mg/kg, IPB:1,31 mg/kg CPB: 1,31 mg/kg, BB: 13,33 mg/kg, B: 1,34 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre kabul edilebilirliğinin tüm denemelerde % 70'in üzerinde olduğunu saptamışlardır.

Gundogdu vd. (2020) yoğurt üretiminde *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* 4366 ve *Leu. mesenteroides* subsp. *cremoris* 20200 suşlarını kullanarak çiğ süt kremasından tereyağı üretmişlerdir. Çalışma sonucunda, kremadan elde edilen tereyağlarında, yoğurttan üretilen tereyağlarına göre uçucu bileşenlerin sayısının daha yüksek olduğu, geleneksel olarak starter ilave edilmeden üretilen yoğurt tereyağlarının üretiminde starter kültür kullanımının uçucu aroma bileşiği kompozisyonu ve duyuşal özellikleri önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Sonuç olarak, yoğurt ve kremadan tereyağı üretiminde en uygun kültür kombinasyonunun *Leu. mesenteroides* subsp. *cremoris* + *L. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* olduğu bildirilmiştir.

Akgül (2020) geleneksel tereyağlarından izole edilen ve EPS üreten laktik asit bakterilerinin tereyağı üretiminde starter kültür olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacı ile yaptığı çalışmada 56 adet LAB'nin EPS üretme yeteneğini tespit etmişlerdir. Suşların asit oluşturma kapasiteleri, diasetil üretimi, lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile antibiyotik dirençliliğinin belirlenmesi sonucunda, starter kültür olarak kullanımının uygun olduğu belirlenen 5 adet LAB suşu kullanılarak A (*Lc. lactis* ssp. *lactis* EM1, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* EM28, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* G49, *Leu. mesenteroides* B3 (1:1:1:3) ve B (*Lc. lactis* ssp. *lactis* EM1, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* EM28, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* G49, *Leu. mesenteroides* B3, *Lb. rhamnosus* B19 (1:1:1:3:1)) olmak üzere 2 tereyağı grubu ile kontrol olarak ticari starter kültür (*Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leu. mesenteroides*) kullanılan (K1) ve starter kültür kullanılmayan (K0) 2 tereyağı grubunu da kapsayacak şekilde toplam 4 tereyağı çeşidi üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda tereyağların kurumadde (%) değerleri ortalama olarak K0 % 83,33, K1 % 82,38, A % 82,98 ve B % 82,71 olarak belirlenmiştir. Yağ oranlarının % 80,83-81,50 ve yağsız kurumadde oranlarının ise % 2,15-1,38 arasında değiştiği belirtilmiştir. K0 örneği en düşük asitlik oranına sahip örnek olurken; K1 % 0,32, A % 0,31 ve B % 0,31 laktik asit oranına sahip olduğu belirlenmiştir. pH değerleri K0 örneğinde 6,598, K1 örneğinde 4,85, A örneğinde 4,79 ve B örneğinde 4,79 olarak tespit edilmiştir. Tekstürel değerlendirmede, tereyağı üretiminde starter kullanımının ve starter kültürün EPS üretme yeteneğinin sürülebilirlik özelliğini önemli derecede etkilemediği saptanmıştır. Genel

kabul edilebilirlik olarak duyuşal değerlendirmede, panelistler tarafından en beğenilen örneklerin A ve B örnekleri olduğu tespit edilmiştir.

İran’da yerel çiftliklerden temin edilen geleneksel tereyağlarından izole edilen LAB’nden 4 izolatın *Enterococcus durans*’a, 4’ünün *Lactobacillus*’a, 1’inin *Pediococcus*’a ve 1’inin de *Neoscardovia*’ya ait olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen izolatlardan, *L. brevis* IBRC-M 11044, *P. pentosaceus* IBRC-M 11045, *Neoscardovia arbecensis* IBRC-M 4391 4378 ve *L. pentosus* IBRC-M 11043 seçilmiş ve 4 farklı endüstriyel tereyağı üretiminde yardımcı kültür olarak kullanımı incelenmiştir. Yardımcı kültür olarak kullanılan tüm suşlara ait tereyağı örneklerinin kolesterol içeriğinin kontrol örneğine göre daha düşük düzeylerde olduğu ve en yüksek azalmayı *L. pentosus* IBRC-M 11045’in sağladığı saptanmıştır (Ostadzadeh vd., 2022).

Bazı çalışmalarda, gıdaların sahip olduğu yüksek lipit içeriği probiyotik mikroorganizmaların canlılıkları ile ilişkilendirilmiştir. Bu amaçla, dos Santos vd. (2022)’nin yaptığı bir çalışmada, yağ bazı olarak enzimatik olarak interesterifiye edilmiş süt yağı ve palm oleini karışımları ile, tereyağına göre daha iyi erime özelliğine sahip probiyotik sürülebilir süt bazlı formölasyon hazırlanmıştır. Enzimatik interesterifikasyonun, probiyotik süt bazlı sürülebilir yağa sürülebilirlik özelliği kazandırdığı ve *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12 sayısının 28 gün depolamada 8-9 log₁₀ kob/g olduğu tespit edilmiştir. *In vitro* gastrointestinal koşullarda ortalama *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12 popölasyonunun 5,5-8,7 log₁₀ kob/g olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak hazırlanan bu emölşyon sistemin *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12’nin gelişebilmesi için uygun bir matriks olduğu ve palm olein ilavesi ile birleştirilmiş interesterifikasyonun, yağın doymamışlık seviyesini artırarak tekstürel ve bileşim özelliklerinin geliştiği bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bakteri kültürleri

Fermente süt üretiminde kullanılan ticari liyofilize kültür (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ve süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretiminde kullanılan ticari tereyağı kültürü (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) Chr. Hansen (Hørsholm, Danimarka)’den temin edilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan ve Mihaliç peynirinden izole edilen *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* suşları Sütaş A.Ş. tarafından oluşturulan kültür koleksiyonundan seçilmiştir.

3.1.2. Süt tozu

Fermente süt üretiminde ve stok kültürlerin hazırlanmasında kullanılan yağsız süt tozu (yağ % 0,2, protein % 33,0 ve laktoz % 54,2) Sütaş A.Ş. (Karacabey/BURSA)’den temin edilmiştir.

3.1.3. Krema

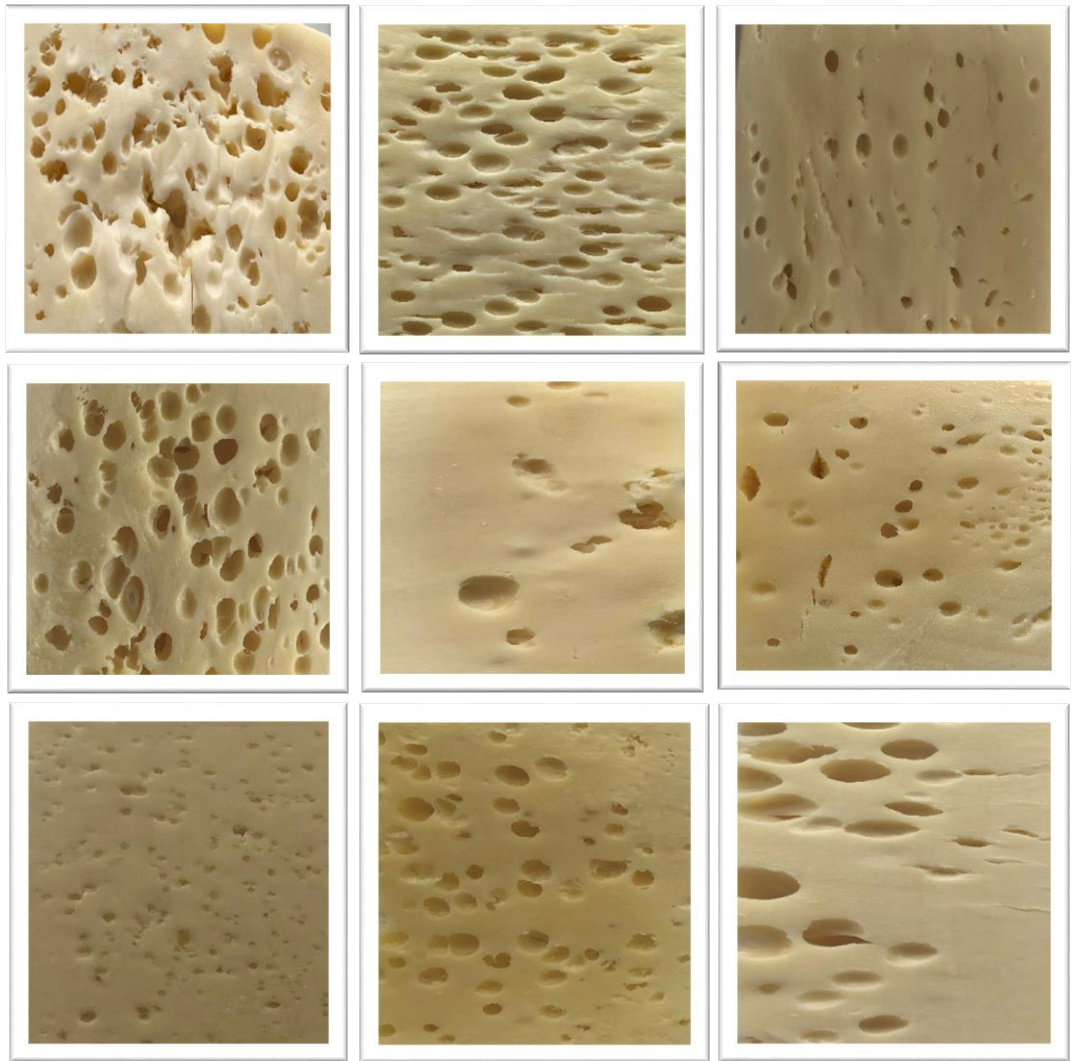
Üretiminde kullanılan hammadde süt kreması Sütaş A.Ş. (Karacabey/BURSA)’den temin edilmiştir. Hammadde krema bileşimi Çizelge 3.1.’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hammadde krema bileşimi

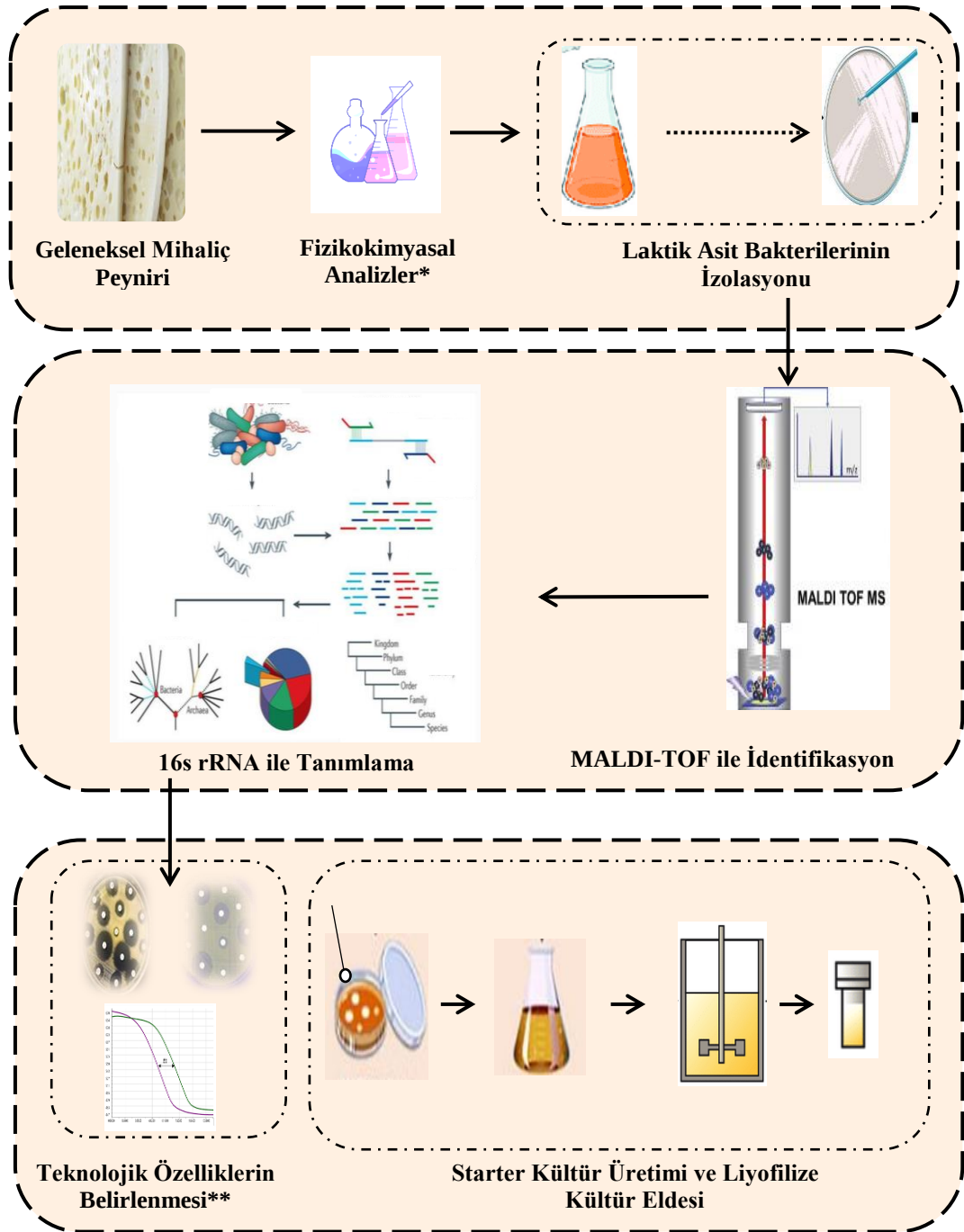
Bileşim	Hammadde Krema
pH	6,34
Titrasyon asitliği (% LA)	0,34
Serbest yağ asitliği (meq/g)	0,79
Kurumadde (%)	73,66
Yağ (%)	72
Yağsız kurumadde (%)	1,66
Yağsız kurumadde’de protein (%)	0,95

3.2. Mihaliç peynirlerinden bakteri izolatlarının elde edilmesi

Proje kapsamında Bursa ve Balıkesir illerinde bulunan yerel üreticilerden ve satış noktalarından temin edilen ve geleneksel yöntemler ile çiğ süttten üretilmiş, ticari kültür içermeyen 20 adet Mihaliç peyniri bakteri izolasyonu için değerlendirilmiştir. Duyusal olarak en çok beğenilen Mihaliç peynirleri izolasyon ve identifikasyon amacı ile kullanılmıştır (Şekil 3.1). Suşların izolasyon ve identifikasyonunda Şekil 3.2’de belirtilen prosedür izlenerek analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Mihaliç peynir örneklerine ait görüntü



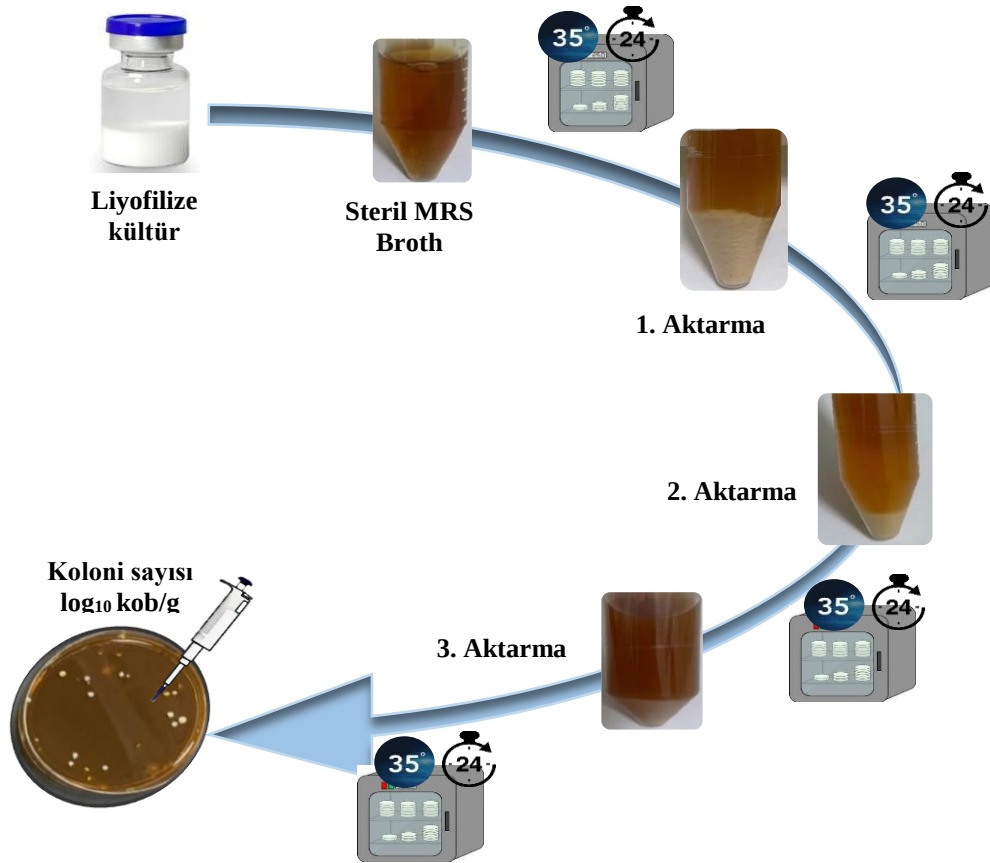
Şekil 3.2. Mihaliç peynirlerinden laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve identifikasyonu

*Fizikokimyasal analizler: pH, toplam asitlik, kurumadde miktarı, su aktivitesi, tuz miktarı, yağ miktarı, protein miktarı, laktoz miktarı, protein fraksiyonu, amino asit kompozisyonu ve organik asit bileşenleri, **Teknolojik özelliklerin belirlenmesi: antibakteriyel aktivite testi, antibiyotik dirençlilik testi, lipolitik aktivite, proteolitik aktivite, pH, titrasyon asitliği, hidrojen sülfür üretme yeteneği, β -galaktosidaz aktiviteleri.

3.3. Yöntem

3.3.1. *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* suşları ve bakteri kültürlerinin aktive edilmesi

Liyofilize olarak temin edilen *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* suşları öncelikle steril MRS broth (Merck, Almanya)'a aktarılmış ve $35\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat inkübe edilmiştir. Bu kültürler ikinci ve üçüncü aktarma ile $35\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat inkübasyon sonucunda aktive edilmiştir. Fermantasyon sonunda ($\sim 10^{9-10}$ kob/mL) gelişim sağlanan tüpler -18°C 'de depolanmış ve üretim için kullanılmıştır (Jalali vd., 2012; Marroki & Bousmaha-Marroki, 2014) (Şekil 3.3).



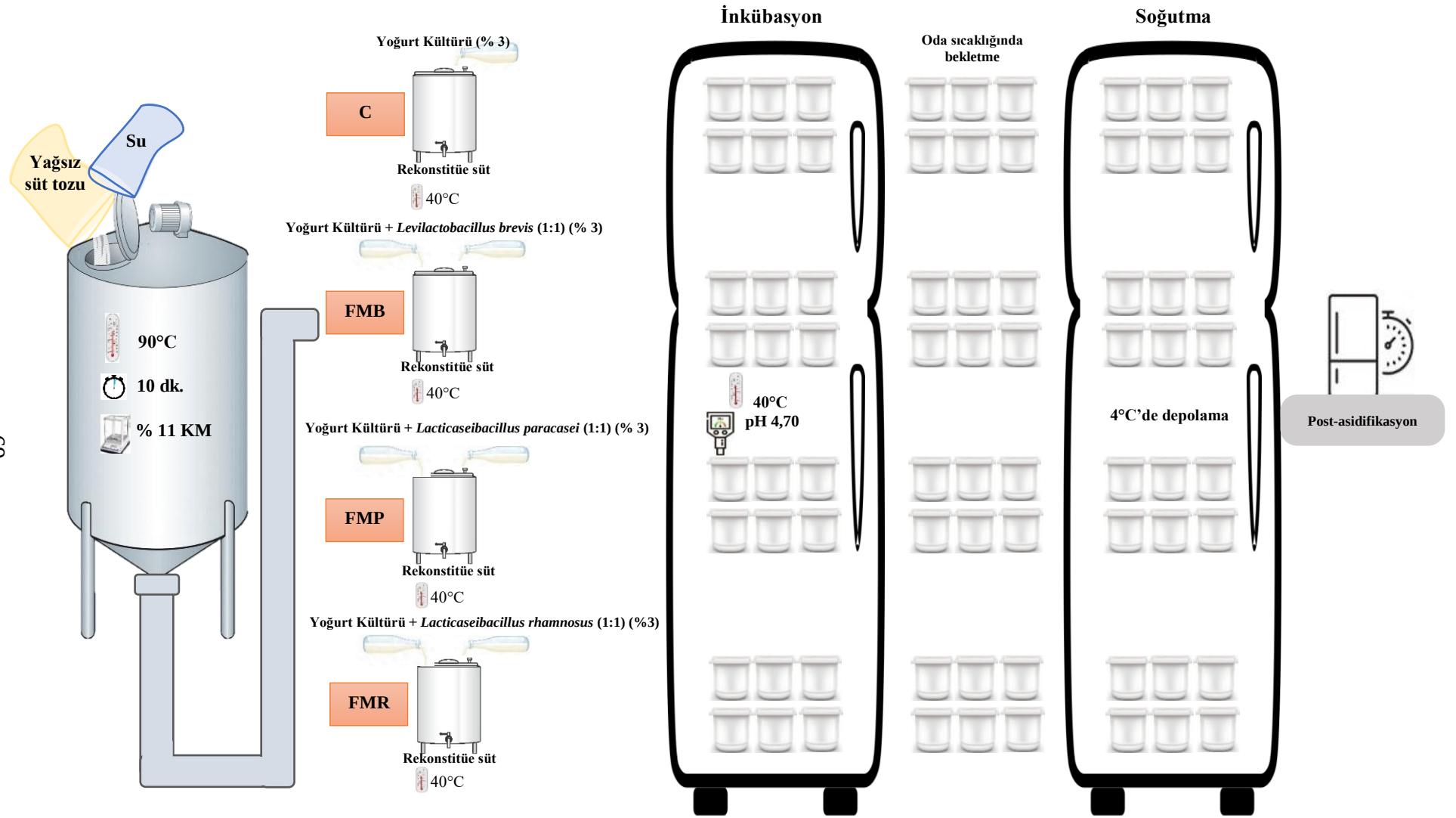
Şekil 3.3. İzole kültürlerin aktivasyonu

Fermente süt üretiminde kullanılmak üzere, stok kültür için, yağsız süt tozu kullanılarak % 10,70±0,03 kurumadde içeriğine sahip rekonstitüe süt hazırlanmış ve 60 dakika manyetik karıştırıcıda homojen hale getirilmiştir. Rekonstitüe sütler otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilizasyona tabi tutulmuştur. Sterilize rekonstitüe süt hızlı bir şekilde buz ile 35±1°C’ye soğutulmuş ve karışık kültür (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* ayrı ayrı inoküle edilmiştir. İnokülasyonu gerçekleştirilen sütler, aseptik koşullarda pH 4,80’e ulaşana kadar 35±1°C’de inkübe edilmiştir (Ozcan vd., 2011; Xiao & Shah, 2022).

3.3.2. Fermente yağsız süt örneklerinin üretimi

Üretimde ~% 11 kurumadde içeriğine sahip rekonstitüe sütlere 90°C’de 10 dakika süre ile ısıl işlem uygulanmıştır. şekil 3.4.’de verilen deneme desenine göre hazırlanan rneklerle 40°C’de toplam %3 oranında (1:1) karışık kültür (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) (C) ve her bir örneğe ayrıca *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus paracasei* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* suşları inoküle edilmiştir. Örneklerin pH’sı 4,70’e ulaşana dek 40°C’de inkübasyon gerçekleştirilmiştir (FMB, FMP ve FMR). İnbasyonu tamamlanan örnekler oda sıcaklığında (20±1°C) 30 dakika süre ile bekletildikten sonra buzdolabında (4±1°C) 21 gün depolanmıştır (Ozdemir & Ozcan, 2020).

4±1°C’de buzdolabında muhafaza edilen örneklerin mikrobiyolojik, fiziksel, biyokimyasal, tekstürel ve duyuusal analizleri depolama süresince gerçekleştirilmiştir. Örneklerde depolamanın 1. ve 21. günlerinde amino asit kompozisyonu, organik asit ve aroma bileşenleri tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Fermente süt üretimine ait deneme deseni

3.3.3. Fermente süt örneklerine uygulanan analizler

Mikrobiyolojik analizler

Örneklerin hazırlanması

10 g fermente süt rneği 90 mL steril % 0,85 tuzlu su içeren vida kapaklı şişelere tartılmış ve ardından 10^{-9} - 10^{-10} 'a kadar seyreltmeler yapılmıştır.

Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus ve toplam laktik asit bakteri sayısının belirlenmesi

Fermente süt örneklerinde depolamanın 1. 7. 14. ve 21. günlerinde belirlenen toplam *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve laktik asit bakteri sayıları izelge 3.2'deki inkübasyon şartlarına göre belirlenmiştir. Inkübasyondan sonra petri kutularındaki koloniler (30-300) sayılmış ve istatistiksel değerlendirmede sonuçlar logaritmik olarak belirtilmiştir ($\log_{10}$ kob/g) (Ashraf & Smith, 2015).

Çizelge 3.2. Mikrobiyolojik analiz ve inkübasyon şartları

Mikroorganizma	Besiyeri	İnkübasyon şartları
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M17-Agar	37°C'de 48 saat, Aerob
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	pH 5,2'ye ayarlı MRS-Agar	43°C'de 72 saat, Anaerob
Toplam LAB	MRS-Agar	37°C'de 72 saat, Anaerob

Fiziksel ve biyokimyasal analizler

pH analizi

Örneklerin pH değerleri Wtw pH 3110 Set 2 (Almanya) portatif pH metre kullanılarak saptanmıştır. Her analiz öncesi pH metre 20°C'de pH 4 ve 7 tampon çözeltileri kullanılarak kalibre edilmiştir.

Titrasyon asitliği

10 g örnek üzerine % 1-2'lik fenolftalein indikatörü ilave edildikten sonra 0,1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk oluşuncaya kadar titrasyon gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Vijayendra & Gupta, 2013).

Eşitlik 1: % Laktik Asit = $S \times N \times 0,09 / \text{Örnek miktarı} \times 100$

S= Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

N= Titrasyonda kullanılan NaOH'ın normalitesi

Kurumadde miktarı

Yaklaşık 3 g olacak şekilde porselen krozelere tartılan örnekler, 105°C'de sabit tartıma ve örnekler arasında 0,5 mg fark oluncaya kadar kurutulmuştur. Örnekler desikatörde, oda sıcaklığına (20°C) soğutulduktan sonra tartılarak % kurumadde oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 2016).

Eşitlik 2: % KM = $[M_1 - M / M_2 - M] \times 100$

M = Porselen krozenin ağırlığı (g)

M₁ = Porselen kroze ve kurutulmuş örnek ağırlığı (g)

M₂ = Porselen kroze ve örnek ağırlığı (g)

Protein miktarı

Örneklerin protein analizi Dumas yöntemi esas alınarak Dumatherm analiz cihazı (Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve % azot oranı 6,38 faktörü ile çarpılarak protein oranı belirlenmiştir (Gürsoy vd., 2020).

Kül miktarı

Sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış porselen krozelere 3 gram örnek tartıldıktan sonra 550°C'de kül fırınında beyaz kül rengi oluşana kadar yakma işlemi uygulanmıştır.

Daha sonra örnekler desikatöre alınarak soğumaya bırakılmış ve oda sıcaklığına gelen krozeler tartılarak aşağıdaki formüle göre % kül miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2016).

Eşitlik 3: % Kül = $[M_2 - M_1 / M] \times 100$

M = Örnek ağırlığı (g)

M₁ = Krozenin ağırlığı (g)

M₂ = Yakma işleminden sonra kroze ve kül miktarının ağırlığı (g)

Renk analizi

Renk analizi, beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş, Minolta Chromameter CR-400 (Konica Minolta Co., Ltd., Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerinden, L^* ; siyahtan beyaza renk değişimini (parlaklık), a^* eksen; kırmızıdan ($+a^*$) yeşile ($-a^*$) renk değişimini, b^* eksen ise; sarıdan ($+b^*$) maviye ($-b^*$) renk değişimini ifade etmektedir. Ayrıca örneklerin renk farklılığı (ΔE^*), beyazlık indeksi (WT^*) ve sarılık indeksi (YI^*) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (L_0 , a_0 ve b_0 kontrol örneğine ait değerlerdir) (Ozcan vd., 2021; Paduret, 2021).

Eşitlik 4:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2}$$

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

$$YI^* = 142,86 \times b^* / L^*$$

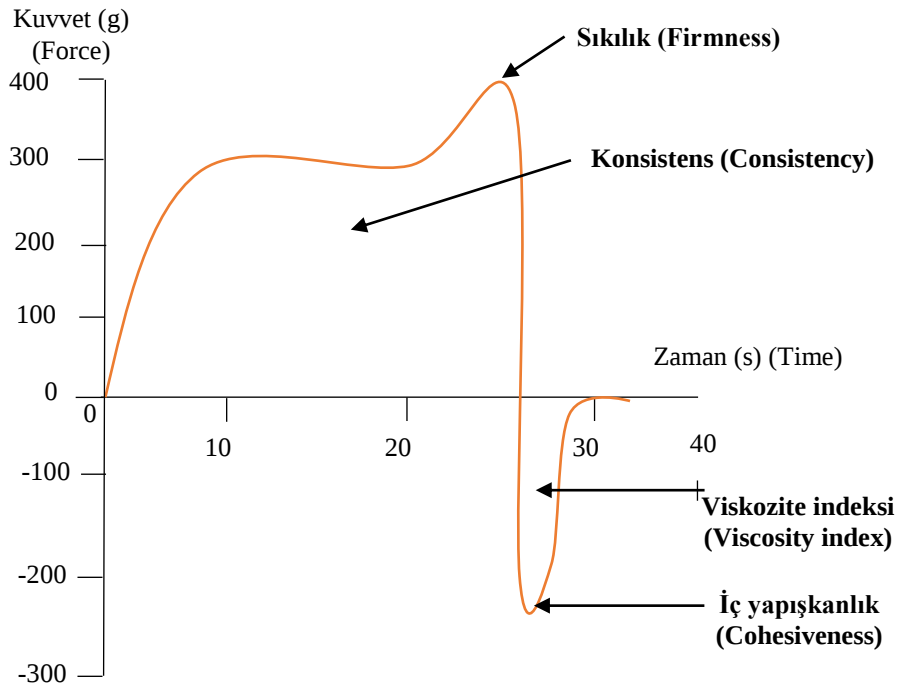
Su tutma kapasitesi

Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesi Hameed vd. (2021)'de belirtilen metot modifiye edilerek, 25 g fermente süt örneğinin 10°C'de, 6000 devir/dakika, 10 dakika santrifüj edilmesi işlemi ile belirlenmiştir. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra retentatın tartılması ile aşağıda verilen eşitliğe göre su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

Eşitlik 5: Su Tutma Kapasitesi = [Son tartım-Santrifüj tüpünün ağırlığı / Örnek miktarı] x 100

Enstrümental tekstür analizi

Fermente süt örneklerinin tekstür profil analizi, ölçümden önce 30 kg'lık bir yük hücresi ve 5 kg'lık standart ölçü ağırlığı kullanılarak kalibrasyonu yapılan TA.XT plus Tekstür Analiz (Stable Micro Systems Ltd., UK) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fermente süt örneklerinin tekstürel özellikleri, üretimin yapıldığı ve depolanan 40 mm derinliğe sahip polipropilen ambalajlarda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için back ekstrüzyon probu (35 mm) kullanılarak 1,0 mm/s crosshead hızı ile tek yönlü sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. İlk test, test ve son test hızı sırası ile 1,0 mm/s, 1,0 mm/s ve 2,0 mm/s'de gerçekleştirilmiştir. Uzaklık ise 20 mm olarak seçilmiştir. Örneklere ait elde edilen grafikler; sıkılık (g) sıkıştırma kuvveti ile; konsistens (g.s); iç yapışkanlık (g) ve viskozite indeksi (g.s) geri hareket sırasındaki negatif tepe kuvveti Texture Expert Exceed yazılımı ile belirlenmiştir (Chand vd., 2021) (Şekil 3.4).



Şekil 3.5. Back ekstrüzyon probuna ait değerlendirme grafiği

Amino asit bileşim analizi

Örneklerin amino asit kompozisyonu Kose vd. (2011)'nin çalışmasında kullanılan parametreler modifiye edilerek belirlenmiştir. Cihaz şartlandırması ve parametreler aşağıda verilmiştir.

- HPLC Metodu: Shimadzu Prominence HPLC
- CBM: 20ACBM
- Dedektör: DAD (SPD-M20A)
- Kolon Fırını: CTO-10ASVp
- Pompa: LC20 AT
- Autosampler: SIL 20AHT
- Bilgisayar Programı: LC Solution
- Mobil Faz: A: 0,1 M Amonyum asetat B: Asetonitril.

Organik asit bileşim analizi

Örneklerin organik asit kompozisyonun belirlenmesinde, Guzel-Seydim vd., (2000) ve Aktas vd. (2005)'in belirttiği yöntem göre, 5 g örneğe 12,5 mL 0,01 N H₂SO₄ eklenmiştir. Karışım vortekslenip, 0,45 mm filtrelerden geçirildikten sonra sisteme enjekte edilmiştir. Cihaz şartlandırması ve parametreler aşağıda verilmiştir.

- HPLC Metodu: Shimadzu Prominence HPLC
- CBM: 20ACBM
- Dedektör: DAD (SPD-M20A)
- Kolon fırını: CTO-10ASVp
- Pompa: LC20 AT
- Autosampler: SIL 20AHT
- Bilgisayar programı: LC Solution
- Kolon: ODS 4 (250 mm*4,6 mm, 5 µm) (GP Sciences, Inertsil ODS-4, Japonya)
- Mobil faz: Ortofosforik asit ile pH'sı 3'e ayarlanmış ultra saf su kullanılarak gerçekleştirilmiştir

Aroma bileşikleri analizi

Örneklerin aroma kompozisyonunun belirlenmesi Yılmaz & Seçilmiş (2006)'ın belirttiği yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Cihaz şartlandırması ve parametreler aşağıda verilmiştir. Aroma kompozisyonunu, kütle spektrometresi (MS) (Agilent 5975C MS technologies, Wilmington, DE, ABD) ve 7697A Headspace ile entegre gaz kromatografisi (GC) cihazı (Agilent 7890A, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Örnek hazırlığı için 4 g/4 mL alınarak Headspace sistemine enjekte edilmiştir.

- Kolon sıcaklık programı: 35°C'de 5 dakika bekledikten sonra dakikada 5°C'lik artışla 150°C'ye ulaşılmakta ve bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmektedir.
- Dedektör ve enjektör sıcaklığı: 200°C ve 180°C
- Akış Hızı: 25 psi (He)
- Enjektör: 90°C
- Transfer hattı: 120°C
- Vial: 85°C
- Termostat süresi: 5 dakika
- Basınç süresi: 0,5 dakika
- Enjeksiyon süresi: 0,08 dakika
- Geri çekim süresi: 0,5 dakika

Duyusal analizler

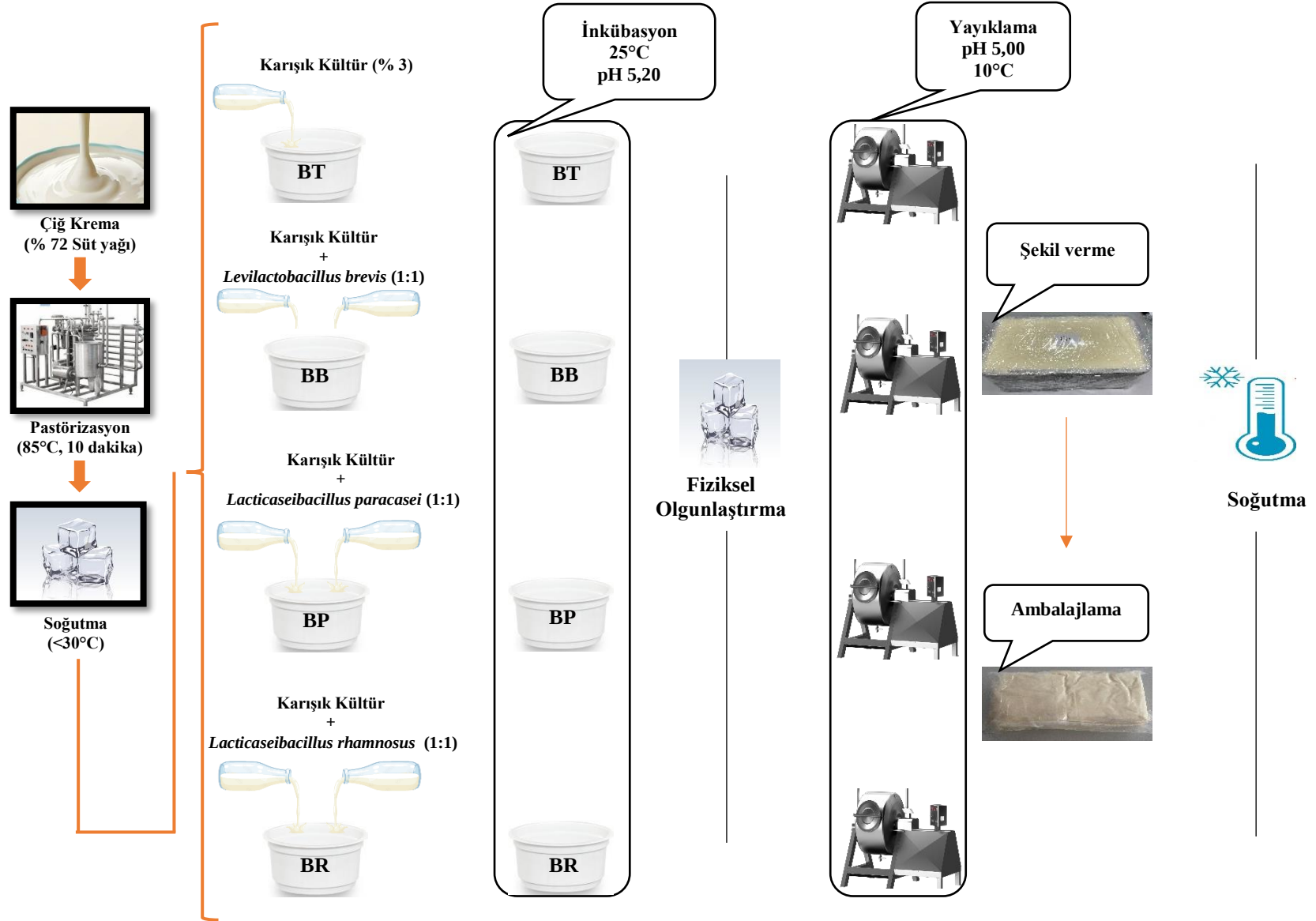
Duyusal analiz Bursa Uludağ Üniversitesi Gıda mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve araştırmacılarından oluşan yoğurt/fermente süt tüketme alışkanlığına sahip "Gıdaların Duyusal Analizlerinde Teknik Yeterlilik ve Validasyon" eğitimi almış 10 kişilik bir grup tarafından gerçekleştirilmiştir.

Fermente sütler panelistlere 3 haneli kodlar ile, kapaklı 80 mL'lik polipropilen ambalajlarda sunulmuştur. Örnek değerlendirmeleri arasında damağın temizlenmesi amacı ile su ve tuzsuz kraker servis edilmiştir. Panelistlere verilen duyusal analiz

prosedürü; görünüş özellikleri 5 parametre, tat ve aroma özellikleri 8 parametre, tekstürel özellikler 7 parametre ve genel kabul edilebilirlik ile 9 puanlık hedonik skala kullanılarak değerlendirilmiştir (9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5- Ne beğendim ne beğenmedim, 4- Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- Beğenmedim, 1- Hiç beğenmedim) (Majchrzak vd., 2010).

3.3.4. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretimi

Üretim Sütaş A.Ş. pilot üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. ~% 72 yağ oranına sahip çiğ krema 85°C’de 10 dakika süre ile pastörize edildikten sonra soğutulmuştur. Şekil 3.6’da verilen deneme desenine göre hazırlanan örnekler 25±1°C’de %3 oranında (1:1) ticari karışık kültür (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) (BT) ve ayrı ayrı *Levilactobacillus brevis* (BB), *Lacticaseibacillus paracasei* (BP) ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* (BR) inokülasyonu yapılmıştır. Örneklerin pH’sı 5,20’ye ulaşana kadar 25±1°C’de inkübasyon gerçekleştirilmiştir. İnkübasyonu tamamlanan örnekler 6-8°C’de 1 gece depolanmıştır. Depolama sonrasında örneklerden ilk inkübasyonu tamamlanandan başlamak üzere, yayıklama işlemi Thermomix® TM6 (Wuppertal, Almanya) ile gerçekleştirilmiş ve ardından 4°C’de pastörize su ile yıkama ve yoğurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra süt yağı esaslı ürün örnekleri vakum altında ambalajlanmış ve +4°C’de depolanmıştır. Buzdolabında depolanan örneklerin 1., 30., 60. ve 90. günlerde mikrobiyolojik, fiziksel, biyokimyasal, tekstürel ve duyu analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin 1. ve 90. günlerde organik asit, yağ asitleri ve aroma bileşenleri tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretimine ait deneme deseni

3.3.5. Süt yağı esash sürülebilir ürünlere uygulanan analizler

Mikrobiyolojik analizler

Örneklerin hazırlanması

10 g örnek, 90 mL steril %0,85 fizyolojik tuzlu su içeren vida kapaklı şişelere tartılmış $40\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de örneklerin eriyerek homojen hale gelmesi sağlandıktan sonra 10^9 - 10^{10} 'a kadar seyreltmeler yapılmıştır (Erkaya vd., 2015).

Lactobacillus spp. sayısının belirlenmesi

Örneklerin, *Lactobacillus* cinsi bakteri sayısının belirlenmesinde De Man, Rogasa and Sharp (MRS) agar (Merck, Almanya) besiyeri kullanılarak dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. İnkübasyon 37°C 'de 72 saat anaerobik ortamda gerçekleştirilmiştir. İnkübasyondan sonra oluşan koloniler (30-300) sayılarak, *Lactobacillus* spp. sayısı adet olarak saptanmıştır ($\log_{10}$ kob/g) (Boussekine vd., 2022).

Lactococcus spp. sayısının belirlenmesi

Örneklerin, *Lactococcus* cinsi bakteri sayısının belirlenmesinde M17-Agar (Merck, Almanya) besiyeri kullanılarak dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. İnkübasyon 37°C 'de 72 saat anaerobik ortamda gerçekleştirilmiştir. İnkübasyondan sonra oluşan koloniler (30-300) sayılarak, *Lactococcus* sayısı adet olarak saptanmıştır ($\log_{10}$ kob/g) (Boussekine vd., 2022).

Toplam maya-küf sayısının belirlenmesi

Örneklerin, maya-küf sayısının belirlenmesi amacı ile Potato Dextrose Agar (PDA - Condalab, Madrid, İspanya) kullanılmıştır. Petriler 25°C 'de 5-7 gün inkübe edildikten sonra oluşan koloniler (30-300) sayılarak saptanmıştır ($\log_{10}$ kob/g) (Silva vd., 2023).

Fiziksel ve biyokimyasal analizler

pH analizi

Örneklerin pH değerleri Wtw pH 3110 Set 2 (Almanya) portatif pH metre kullanılarak saptanmıştır. Her analiz öncesi pH metre 20°C’de pH 4 ve 7 tampon çözeltileri kullanılarak kalibre edilmiştir. pH değerlerinin belirlenmesinde, cihazın elektrotu örneğe batırılarak ölçüm yapılmıştır (AOAC, 2012).

Titrasyon asitliği analizi

Örneklerin laktik asit cinsinden % asitlik değerinin belirlenmesi amacı ile 5 g örnek 50 mL nötürlenmiş dietil eter-etil alkol (1:1) karışımı ile çözündürülerek, üzerine 2 damla %1’lik fenolftalein indikatörü damlatılıp 0,1 N NaOH ile kalıcı hafif pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir (**Eşitlik 1**) (AOAC, 2016).

Kurumadde analizi

Fermente süt üretiminde kullanılan yöntem esas alınarak gerçekleştirilmiştir (bkz. 3.3.2).

Yağ analizi

Örneklerin yağ içeriğinin belirlenmesi Gerber metoduna göre, bütirometre kadehçğine tartılan 3 g örneğin, kadehçğin üst kısmına kadar yoğunluğu 1,55 g/mL olan H₂SO₄ ilave edilmiştir. Örneğin çözünmesi için bütirometreler 60-65°C’deki su banyosunda bekletilmiş ve üzerine 1 mL amil alkol (d=0,81) ilave edildikten sonra Gerber santrifüjünde 10 dakika santrifüj edilmiştir. Bütirometre üzerinde bulunan skaladan % yağ miktarı belirlenmiştir (Funke-Guerber, 2018).

Serbest yağ asitliği analizi

Örnekler yağ ve protein fazın ayrılması için su banyosunda 40-45°C’de bekletilmiş ve yağ fazından 5 g örnek tartılmıştır. 5 g örneğin üzerine nötürlenmiş dietil eter-etil alkol karışımından 50 mL eklenerek süt yağının çözündürülmesi sağlanmıştır. pH indikatörü olarak 1-2 damla fenolftalein (% 1) damlatılarak 0,1 N etanollü-KOH çözeltisi ile titrasyonu gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak sonuçlar hesaplanmıştır (Park vd., 2014).

Eşitlik 6: Asit değeri= (Harcanan KOH (mL) x 5,61) / Örnek miktarı (g)

Eşitlik 7: Serbest Yağ Asitliği (%) = Asit değeri/2

Peroksit sayısı analizi

5 g örneğe 10 mL kloroform, 15 mL asetik asit ilave edilip yağ çözündürüldükten sonra 1 mL doymuş KI eklenerek 1 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 100 mL saf su ilave edilmiş ve % 1’lik nişasta çözeltisi indikatörlüğünde, 0,01 N sodyum tiyosülfat ile titre edilmesi ile analiz gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2016).

Eşitlik 8: Peroksit sayısı = $(V_2 - V_1) \times 10$ / Örnek miktarı (g)

V_1 = Şahit denemede kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı (mL)

V_2 = Örnek için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL)

Renk analizi

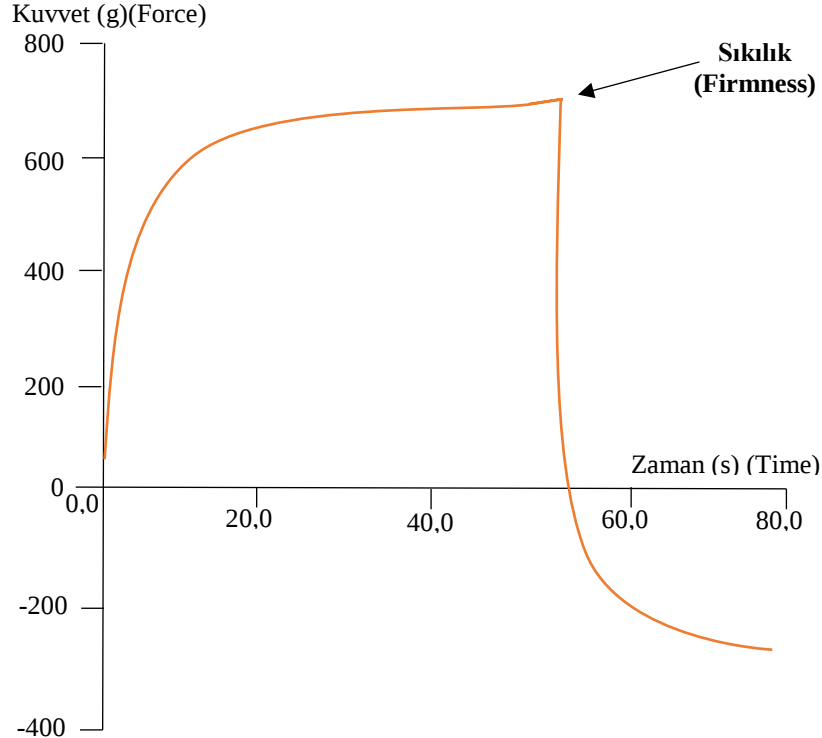
Fermente süt örneklerinin enstrümental renk analizi, beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş, Minolta Chromameter CR-400 (Konica Minolta Co., Ltd., Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerinden, L^* parametresi, parlaklık; a^* eksenini kırmızı ($+a^*$) yeşil ($-a^*$); b^* eksenini ise sarı ($+b^*$) mavi ($-b^*$) renk değişimini ifade

etmektedir. Ayrıca örneklerin beyazlık indeksi (WI^*) sarılık indeksi (YI^*) ve renk farklılığı (ΔE^*) belirlenmiştir (**Eşitlik 4**) (Amjad vd., 2021; Paduret, 2021).

Enstrümental tekstür analizi

Tekstürel özellikler ve kesme kuvveti (Cutting Force); TA.XT plus Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems Ltd., UK) kullanılarak, örneklerin oda sıcaklığında (20°C) 10 dakika bekletilmesinden sonra ($\sim 10^{\circ}\text{C}$) belirlenmiştir.

Ölçümler HDP/90 platformu, tel kesici ($\varnothing 0,3 \text{ mm}$) ve 30 kg yük hücresi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz parametreleri, test hızı $0,5 \text{ mm s}^{-1}$, mesafe 23 mm ve trigger çeşidi 50 g olarak belirlenmiştir. Tekstür cihazı, trigger kuvvet ayarından daha büyük bir kuvvet algılayana kadar probu aşağı doğru hareket ettirme prensibine göre uygulanmıştır. Ölçüm tel kesicinin, örnek yüzeyinden 23 mm derinliğe kadar, kesme işlemi ile gerçekleştirilmiştir (Chudy vd., 2022) (Şekil 3.6).



Şekil 3.7. Kesme kuvveti grafiği

Yağ asidi bileşimi analizi

Yağ asitleri metil esterleri, 200 µL ekstrakte yağ 1,5 M metanolik-HCl ile karıştırıldıktan sonra 80°C’de 2 saat bekletilmiştir (Yılmaz & Seçilmiş, 2006). Yağ asitlerinin metil esterleri GC-MS ile analiz edilmiş ve sonuçlar % olarak belirlenmiştir. Analize ait uygulanan şartlar ve parametreler aşağıda verilmiştir.

- Cihaz: AGILENT 5975 C AGILENT 7890A GC
- Program: MSDCHEM
- Kolon: DB WAX (50*0,20 mm, 0,20 µm)
- Çalışma Sıcaklığı: Başlangıç sıcaklığı 80°C’dir. 60°C’de 4 dakika bekletildikten sonra dakikada 13°C’lik artış ile 175°C’ye çıkılmıştır. Bu sıcaklıkta 27 dakika bekledikten sonra dakikada 4°C’lik artışla 215°C’ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmiştir. Dakikada 4°C’lik artışla 240°C’ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 15 dakika beklenmiştir.
- Detektör ve enjektör sıcaklığı: 240°C
- Enjeksiyon hacmi 1 µL
- Akış Hızı: 1mL/dakika

Organik asit bileşimi analizi

Fermente süt örneklerine uygulanan prosedür kullanılmıştır (bkz. 3.3.2).

Aroma bileşikleri analizi

Fermente süt örneklerine uygulanan prosedür kullanılmıştır (bkz. 3.3.2)

Duyusal Analiz

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duysal özellikleri, O'Callaghan vd. (2016)'nin kullandıkları metot modifiye edilerek belirlenmiştir. Bursa Uludağ Üniversitesi Gıda mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve araştırmacılarından oluşan, süt yağı esaslı ürün tüketen panelistlere 4°C'de depolanan üç haneli kodlar ile aynı boyutlarda kesilen 4 farklı örnek, depolamanın 1. 30., 60 ve 90. günlerinde sunulmuştur. Duyusal değerlendirme için depolama sıcaklığından çıkarılan örnekler panelistlere sunulmuş ve değerlendirmeler oda sıcaklığında (~21°C) gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasında su ve tuzsuz kraker servis edilmiştir. Örneklerin, "Renk, Dış Görünüş, Koku, Aroma, Tat, Krema Tadı (Tatlılık), Ekşilik, Diasetil Aroması, Yapı ve Tekstür, Sıklık, Pürüzsüzlük, Sürülebilirlik, Kremamsılık ve Genel Kabul Edilebilirlik" gibi duysal parametreleri hedonik skala kullanılarak tespit edilmiştir (9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5- Ne beğendim ne beğenmedim, 4- Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- Beğenmedim, 1- Hiç beğenmedim).

3.3.6. İstatistiksel değerlendirme

Fermente süt ve süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinde örnek çeşitleri ile depolama süreleri arasındaki farklılığı belirlemek amacı ile tesadüf parselleri deneme deseni ve varyans analizi uygulanmıştır. Önemli bulunan varyasyonlar, Fischer çoklu karşılaştırma testi kullanılarak $p < 0,01$ düzeyinde karşılaştırılmıştır (MINITAB 17 Statistical Software).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Fermente Süt Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

4.1.1. Mikrobiyolojik özellikler

LAB sayısı ve bu bakterilerin canlılıkları, fermente süt ürünlerinin kalitesini, raf ömrünü, fonksiyonel ve teknolojik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Fermente süt ürünlerinde üretim ve depolama sırasında bakteri aktivitesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler, ürüne özgü parametreler (pH, titrasyon asitliği, çözünmüş oksijen miktarı, su aktivitesi, hidrojen peroksit, bakteriyosinler, katkı maddeleri vb.) ve üretim koşullarından (inokülasyon oranı, inkübasyon sıcaklığı, ısıl işlem, ambalaj, soğutma ve depolama şartları vb.) oluşmaktadır. Fermente süt ürünlerinde kullanılan hammaddenin bileşimi, mikroorganizma türü/gelişme koşulları ve fermantasyon süresi de bakterilerin canlılık oranını etkileyen en önemli faktörlerdendir (Peng vd., 2021; Khademi vd., 2022).

Bu çalışmada, geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilmiş laktik asit bakterilerinden *L. brevis* (FMB), *L. paracasei* (FMP) ve *L. rhamnosus* (FMR), yoğurt kültürü (*S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) (C) ile birlikte kullanılarak, fermente süt üretimi gerçekleştirilmiş ve depolama süresince (1., 7., 14. ve 21. gün) *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve toplam laktik asit bakteri (LAB) sayıları belirlenmiştir.

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler

Fermente Süt Örnekleri	<i>Streptococcus thermophilus</i> (log ₁₀ kob/g)				<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> (log ₁₀ kob/g)				Toplam laktik asit bakteri sayısı (log ₁₀ kob/g)			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21	1	7	14	21	1	7	14	21
C	10,14	10,18	9,82	11,16	8,95	8,88	8,79	7,67	9,38	8,79	8,32	9,18
FMB	9,79	10,20	10,59	10,08	9,30	9,52	9,58	7,78	9,42	9,54	9,61	9,15
FMP	9,79	10,29	10,48	10,45	8,50	8,02	7,99	7,35	9,44	9,46	9,45	9,63
FMR	9,88	10,17	10,55	11,14	9,43	9,30	9,29	9,26	9,50	9,53	9,60	9,86
Minimum	9,79	10,17	9,82	10,08	8,50	8,02	7,99	7,35	9,38	8,79	8,32	9,15
Maksimum	10,14	10,29	10,59	11,16	9,43	9,52	9,58	9,26	9,50	9,54	9,61	9,86
Ortalama	9,90	10,21	10,36	10,71	9,05	8,93	8,91	7,94	9,43	9,33	9,25	9,45

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

C, FMB, FMP ve FMR fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca *S. thermophilus* sayısı 9,79-11,16 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *S. thermophilus* sayısının ortalama değerleri incelendiğinde en düşük 9,90 log₁₀ kob/g ile 1. günde, en yüksek *S. thermophilus* sayısının ise 10,71 log₁₀ kob/g ile 21. günde olduğu belirlenmiştir. Tüm fermente süt örneklerinde genel olarak depolama süresi boyunca *S. thermophilus* sayısının arttığı saptanmıştır.

C, FMB, FMP ve FMR rneklerinin varyans analizi sonuçları izelge 4.2’de verilmiştir. Örneklerin varyans analizleri değerlendirildiğinde *S. thermophilus* sayıları arasındaki farklılıklar depolama süresince (p<0,01) ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından (p<0,05) istatistiksel olarak önemli, örnek çeşidinin değerlendirilmesinde ise önemsiz (p>0,05) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Fermente süt rneklerinin *Streptococcus thermophilus* sayısı LSD testi sonuçları

rnek eşidi	N	<i>Streptococcus thermophilus</i> (log ₁₀ kob/g)
C	12	10,32±0,580 ^a
FMB	12	10,16±0,334 ^a
FMP	12	10,25±0,320 ^a
FMR	12	10,43±0,546 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	9,89±0,168 ^c
7	12	10,21±0,054 ^{bc}
14	12	10,36±0,365 ^b
21	12	10,71±0,534 ^a
rnek eşidi		nemsiz
Depolama Süresi		**
rnek eşidi x Depolama Süresi		*

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Fermente süt rneklerinin *S. thermophilus* sayısına ait LSD testi sonuçlarına göre örnek eşitleri arasında anlamlı bir fark olmadığı, tüm örneklere ait *S. thermophilus* sayılarının aynı grupta yer alması nedeni ile yakın değerler gösterdiği tespit edilmiştir (izelge 4.2). *L. paracasei* ve yoğurt kültürünün birlikte kullanıldığı çalışmalarda, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterilerinin canlılıklarında meydana gelen değişikliklerin asitlik, çözünmüş oksijen, hidrojen peroksit seviyeleri ve soğukta depolama koşullarındaki değişiklikler ile ilişkili olabileceği Lin vd. (2016) tarafından açıklanmaktadır.

Donkor vd. (2007), *L. paracasei*'nin asitliğe dayanıklı bir bakteri olarak depolama sırasında canlılığında bir değişiklik olmadığını çalışmalarında belirtmişlerdir.

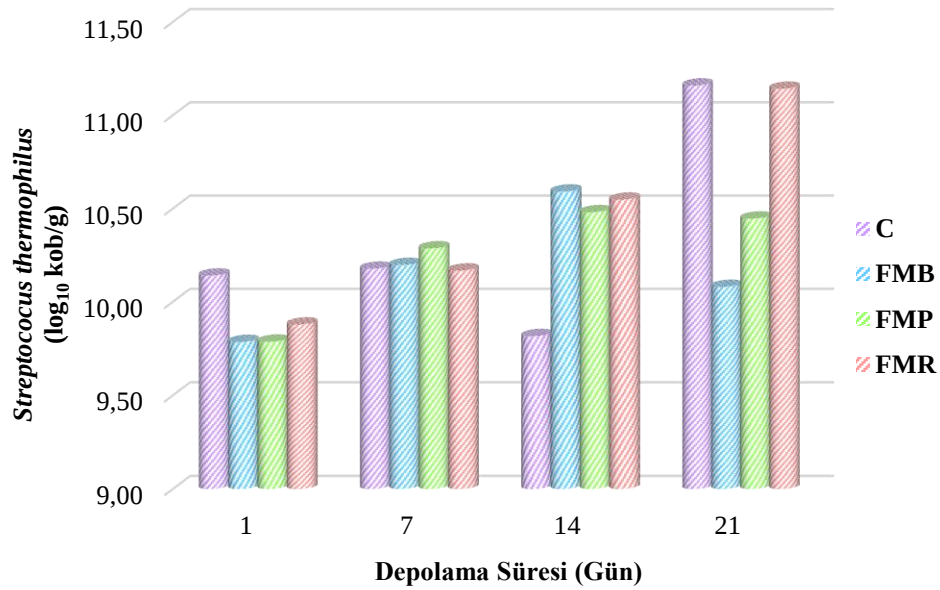
Yapılan bir çalışmada, *L. brevis*'in gelişimi için ihtiyaç duyduğu besin bileşenlerini, *S. thermophilus*'un hidrolize ettiği peptitlerden karşıladığı bildirilmektedir (Xiao vd., 2020). *L. brevis* CGMCC1 5954 ile fermente edilen ve γ -aminobütirik asit (GABA) ile zenginleştirilmiş aromalı yoğurtlarda *L. brevis*'in, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişmesinde düşük bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Fan vd., 2023).

Fermente sütlerde, laktozu metabolize etme yeteneği olan *S. thermophilus*'un ilave edilmesi ile *L. rhamnosus* gelişiminin desteklendiği belirtilmektedir (Kort vd., 2015). Ayrıca, de Souza Oliveira vd. (2012) sütün fermentasyonu sırasında *S. thermophilus* ve *L. rhamnosus*'un birlikte kullanımının, fermentasyon hızını arttırarak, sinerjik bir etki oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Örneklerin depolama süresi LSD sonuçları incelendiğinde ise, *S. thermophilus* sayısı en düşük 1. günde (9,89 log₁₀ kob/g), en yüksek ise 21. günde (10,71 log₁₀ kob/g) tespit edilmiştir. *S. thermophilus* sayısının depolama süresinin 1. (9,89 log₁₀ kob/g), 7. (10,21 log₁₀ kob/g) ve 14. (10,36 log₁₀ kob/g) günlerinde farklı gruplarda yer alsa da benzer değerler gösterdiği saptanmıştır (izelge 4.2).

Yağsız sütte starter kültürler ile otokton probiyotik suşların birlikte gelişme özellikleri ve fermentasyon dinamiklerinin incelendiği çalışmada (Chand vd., 2021) probiyotik yoğurt üretiminde, *L. rhamnosus* ve *S. thermophilus* içeren kültür kombinasyonu kullanımının, inkübasyon süresinin sonunda daha yüksek probiyotik bakteri sayısı, yüksek asitlik oluşturma kapasitesine neden olarak suşa bağlı farklı gelişim kinetikleri oluşturduğu belirtilmiştir. Bazı suşlarda ise post-asidifikasyon ve hidrojen peroksit üretimi gibi metabolizmalar nedeni ile probiyotik suşların stabilitesinin azalabileceği de bildirilmiştir (Sodini vd., 2002; Terpou vd., 2019).

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca *S. thermophilus* sayılarındaki değişim Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca *Streptococcus thermophilus* sayısına ait değişim grafiği

Depolama süresince fermente süt örneklerinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısındaki değişim incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. C, FMB, FMP ve FMR örneklerine ait *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları 7,35-9,58 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının en düşük 7,35 log₁₀ kob/g ile FMP örneğinin 21. gününe, en yüksek ise 9,58 log₁₀ kob/g ile FMB örneğinin 14. gününe ait olduğu belirlenmiştir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* gelişiminin ortalama

değerleri en düşük 7,94 log₁₀ kob/g ile 21. günde, en yüksek 9,05 log₁₀ kob/g ile 1. günde tespit edilmiştir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının depolama süresince azaldığı saptanmıştır.

C, FMB, FMP ve FMR örneklerinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (log₁₀ kob/g) sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Örneklerin varyans analizleri değerlendirildiğinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları arasındaki farklılıklar örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi etkisiyle istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Çizelge 4.3. Fermente süt örneklerinde *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> (log ₁₀ kob/g)
C	12	8,57±0,606 ^c
FMB	12	8,97±1,001 ^b
FMP	12	7,97±0,473 ^d
FMR	12	9,32±0,075 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	9,05±0,415 ^a
7	12	8,93±0,658 ^a
14	12	8,91±0,697 ^a
21	12	7,94±0,890 ^b
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* sayılarının LSD testi sonuçlarına göre, C, FMB, FMP ve FMR örneklerinin farklı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek *L.*

delbrueckii subsp. *bulgaricus* sayısı 9,32 log₁₀ kob/g (FMR) ve en düşük *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı 7,97 log₁₀ kob/g (FMP) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

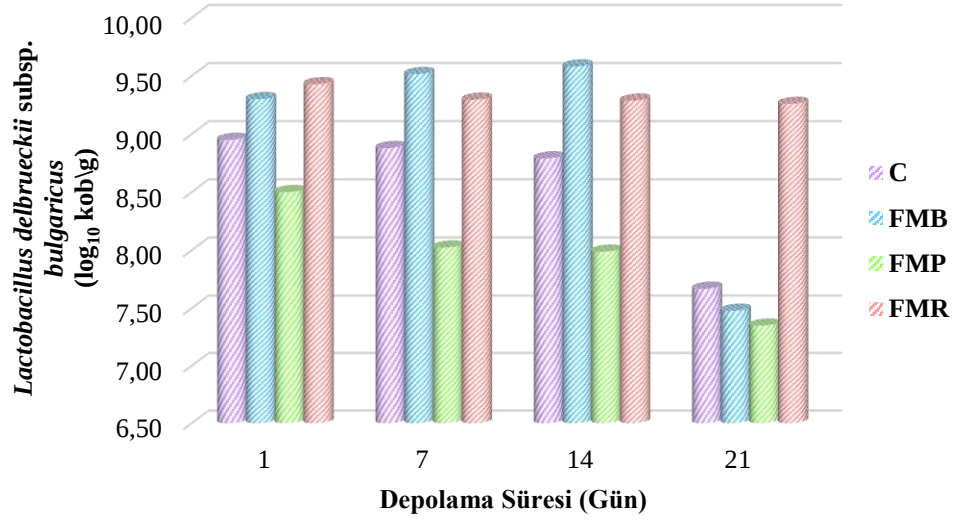
Ticari yoğurt kültürü ve *L. paracasei* içeren yoğurtlarda *S. thermophilus*'un dominant mikroflorayı oluşturduğu ancak, *L. paracasei*'nin, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişimi/canlılığı üzerinde olumsuz etkisi olduğu ve depolama sırasında *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un sayısının azaldığı Gu vd. (2020) tarafından belirtilmiştir. *L. paracasei* içeren probiyotik yoğurtlarda, *S. thermophilus*'un canlılığı ile ilgili benzer sonuçlar Settachaimongkon vd. (2014) tarafından da bildirilmiştir.

L. casei içeren yoğurtlarda yoğurt starter kültürlerine ait sayıların, daha düşük tespit edildiği, bu durumun, probiyotik *L. casei*'nin rekabetçi etkisine bağlanabileceği bildirilmiştir (Korbekandi vd., 2009; Tian vd., 2017; Dimitrellou vd., 2019). Ayrıca, *S. thermophilus*'un ise *L. casei* varlığına daha iyi adapte olduğu saptanmıştır. *L. casei*'nin bulunduğu ortamda *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un canlılığında % 30-50 oranındaki azalmanın probiyotiklerin ürettiği inhibitör metabolitlerin cins ve türlere bağlı etkileşimden ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Mani-Lopez vd., 2014).

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* ve *L. brevis* ile hazırlanan yoğurtlarda da, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının azaldığı tespit edilmiştir (Xiao & Shah, 2022).

Örneklerin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının depolama süresine ait LSD sonuçları incelendiğinde, en düşük değer 7,94 log₁₀ kob/g ile 21. günde, en yüksek değerler ise 1. (9,05 log₁₀ kob/g), 7. (8,93 log₁₀ kob/g) ve 14. (8,91 log₁₀ kob/g) günlerde saptanmıştır (Çizelge 4.3). Bakteri canlılığındaki azalmanın, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişimi için ihtiyaç duyduğu besin bileşenlerinin azalmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Fermente süt örneklerinin depolama süresince *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısındaki değişim grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısındaki değişim grafiği

Süt matriksinde probiyotik bakteri canlılığındaki azalmanın, bu mikroorganizmalarda asit hasarına neden olan fermentasyon ve depolama boyunca oluşan asetik asit ve laktik asit gibi birincil metabolitlerin üretilmesinden kaynaklanabileceği Kariyawasam vd. (2021) tarafından bildirilmektedir.

Probiyotik *L. casei*'nin yoğurt üretiminde kullanılmasının depolama süresince, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un canlılığını önemli ölçüde etkileyerek sayılarının azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Dimitrellou vd., 2019).

Fermente süt örneklerinin depolama süresince, toplam laktik asit bakteri sayısındaki değişim incelenmiş ve Çizelge 4.1'de verilmiştir. C, FMB, FMP ve FMR fermente süt örneklerine ait toplam LAB sayısının 8,32-9,86 log₁₀ kob/g arasında değiştiği saptanmıştır. Toplam LAB sayısının en düşük 8,32 kob/g ile C örneğinin 14. gününe, en yüksek ise 9,86 log₁₀ kob/g ile FMR örneğinin 21. gününe ait olduğu belirlenmiştir. Fermente süt örneklerinin toplam LAB sayılarının ortalama değerleri incelendiğinde en düşük 9,25 log₁₀ kob/g ile 14. günde, en yüksek 9,45 log₁₀ kob/g ile 21. günde olduğu saptanmıştır.

C, FMB, FMP ve FMR örneklerinin toplam LAB sayısının, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Varyans analizinin değerlendirilmesi sonucunda örneklerin toplam LAB sayıları arasındaki farklılık örnek çeşidi açısından istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi etkileşimlerinde ise önemsiz olduğu saptanmıştır ($p>0,05$).

Fermente süt örneklerinin toplam laktik asit bakteri sayısına ait LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, FMB, FMP ve FMR örneklerinin toplam laktik asit bakteri sayısının C örneğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Örnekler arasında en düşük LAB sayısının 8,92 $\log_{10}$ kob/g ile C örneği, en yüksek LAB sayısının ise FMB (9,43 $\log_{10}$ kob/g), FMP (9,50 $\log_{10}$ kob/g) ve FMR (9,62 $\log_{10}$ kob/g) örneklerine ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Fermente süt örneklerinin toplam laktik asit bakteri sayısı LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Toplam laktik asit bakterisi ($\log_{10}$ kob/g)
C	12	8,92±0,465 ^b
FMB	12	9,43±0,202 ^a
FMP	12	9,50±0,090 ^a
FMR	12	9,62±0,164 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	9,44±0,048 ^a
7	12	9,33±0,363 ^a
14	12	9,25±0,618 ^a
21	12	9,45±0,348 ^a
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz

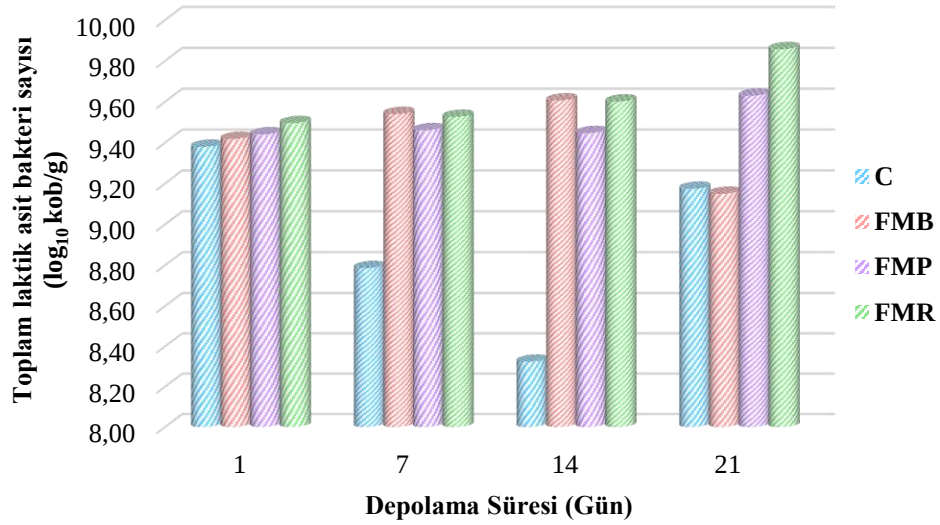
C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Tian vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, yoğurtta bulunan *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* gelişimi ve canlılığının, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. plantarum* ve *L. rhamnosus* ilavesi/aktivitesi ile azaldığı saptanmıştır.

Depolama süresince örneklerin toplam LAB sayısındaki değişime ait LSD testi sonuçlarına göre depolama başındaki canlılık oranlarının korunduğu ve soğuk depolama boyunca bakteri aktivitesinde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Yoğurt üretiminde, starter kültürler ile birlikte probiyotiklerin dahil edilmesinin, suşların gelişme yetenekleri arasında farklı etkileşimlere neden olduğu belirtilmektedir (Tian vd. (2017).

Fermente süt örneklerinin depolama süresince toplam LAB sayısındaki değişim Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakteri sayısına ait değişim grafiği

Starter kültürlerin tanımlanması ve geliştirilmesi, standart kalite ve özellikte fermente gıdaların üretiminde oldukça önemlidir. Kullanılan bu biyo-kültürlerin aktivitelerinin/

canlılığının korunması ve ürünün terapötik ve biyokimyasal özelliklerinin araştırılması yapılan çalışmalarda ortaya konmaktadır (Garcia-Diez & Saraiva, 2021).

Farklı deve sütü örneklerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin inek sütündeki zayıf asidifikasyon özelliğinin arttırılmasında, *Lactococcus* starter kültürlerinin ilavesinin *L. brevis* C21B ve C27B bakterilerinin aktivesini geliştirdiği Belkheir vd. (2016) tarafından belirtilmektedir. Ayrıca proteomik özellikler açısından değerlendirildiğinde izolatların zayıf proteolitik aktivite gösterdikleri ve bu nedenle fermente süt ürünlerinde yardımcı kültürler olarak kullanımlarının daha uygun olacağı da belirtilmektedir.

Bu çalışmada, Mihaliç peynirinden izole edilmiş kültürler ve yoğurt kültürü kombinasyonları kullanılarak üretilen fermente süt ürünlerinin mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler incelendiğinde genel olarak, depolama süresince LAB sayısı, C ve FMB örneklerinde azalırken, FMP ve FMR örneklerinde artış saptanmıştır. Ancak depolama süresince meydana gelen farklılıkların önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). *S. thermophilus* sayısı tüm örneklerde depolama süresi boyunca artış gösterirken (Çizelge 4.3), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı depolama süresi boyunca tüm örneklerde azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.3). Bu durumda, fermente süt üretiminde kullanılan Mihaliç peynirinden izole edilmiş kültürlerin *S. thermophilus* ile simbiyotik bir ilişki gösterdiği, bu bakterilerin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'a karşı ise antagonistik etki yaratmış olabileceği söylenebilir.

Fermente sütlerde toplam LAB ve/veya yoğurt bakterileri sayısının 10^7 kob/g-mL'den daha yüksek sayılara ulaştığında, bakterilerin gelişim ve canlılık özellikleri ile fermentasyon sonucunda oluşan metabolomik değişimlerin nutrasötik etki yaratacağı belirtilmektedir (Falah vd. 2021; Mannaa vd., 2021).

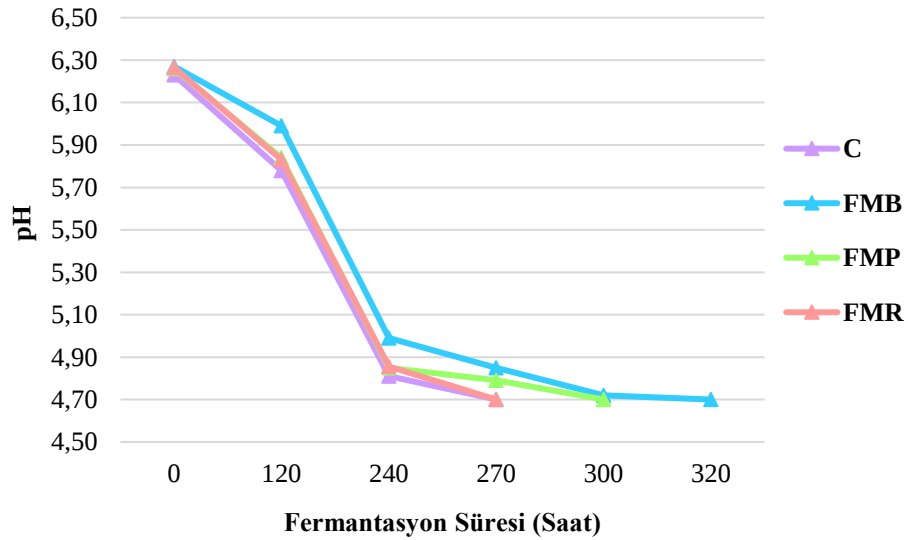
4.1.2. Fermentasyon ve depolama süresince pH değişimi

Fermente süt ürünlerinin üretiminde, karışık ya da simbiyotik suşlar içeren starter kültür kombinasyonları, istenilen ürün özelliklerinin sağlanması ve fermentasyon süresinin kısaltılması amacı ile kullanılabilmektedir (Smid & Lacroix, 2013; Laiño vd., 2014; Ma

vd., 2015). Bu kültür kombinasyonlarında bulunan mikroorganizma türlerinin birincil karakteristikleri ise laktozun degradasyonu ile laktik asit üretim metabolizmasıdır (Han vd., 2022).

Fermente süt örneklerinin üretimi ve fermentasyon süresi boyunca pH değişim grafiği Şekil 4.4.'de verilmiştir. Örneklerin inkübasyonu pH 4,70'de sonlandırılmış ve örneklerin fermentasyon süresi C; 266 dakika (4 saat 26 dakika), FMB; 320 dakika (5 saat 20 dakika), FMP; 287 dakika (4 saat 47 dakika), FMR; 267 dakika (4 saat 27 dakika) olarak tamamlanmıştır.

Probiyotik bakterilerin canlı hücre sayısı, bakteri suşu ve prosese bağlı olmaktadır. Süt proteinlerini ve laktozu metabolize etme yeteneği ise probiyotik bakteriler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Østlie vd. 2003). Bu çalışmada fermente süt üretiminde kontrol C ve *L. rhamnosus* içeren FMR örneklerinin fermentasyon süresi benzerlik gösterirken daha kısa sürede gerçekleşmiş, en uzun fermentasyon ise *L. brevis* içeren FMB örneğinde tamamlanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Fermente süt üretimine ait pH profili

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un sinerjik etkisi ve laktik asit ile bazı organik asitlerin üretilmesi sonucunda pH düşüşü ve istenilen yapı-tekstür özelliklerinin gelişmesi fermente süt üretiminde önemli biyokimyasal mekanizmalardır (Settachaimongkon vd., 2017).

Laktik asit fermantasyonu sırasında, ilk olarak *S. thermophilus* hızla gelişmekte ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişimi için ihtiyaç duyduğu organik asit ve amino asitleri üretmektedir. *L. bulgaricus* ise, zayıf proteolitik özellik gösteren *S. thermophilus* için çeşitli amino asitleri oluşturmaktadır. Bu iki bakterinin simbiyotik gelişimine bağlı olarak fermantasyon süresi kısalmaktadır (Yamamoto vd., 2021; Yu vd., 2021; Han vd., 2022). *L. rhamnosus*'un ise düşük pH seviyelerine dayanıklı olması nedeni ile uzun raf ömrüne sahip probiyotik gıdaların üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Hekmat vd., 2009).

Xiao vd. (2020) *L. brevis* 145'in zayıf proteolitik aktiviteye sahip olması nedeni ile monokültür olarak gelişim aktivitesinin düşük olduğunu, *S. thermophilus* ile birlikte inkübe edildiğinde, *S. thermophilus*'un peptitleri hidrolize ederek, *L. brevis*'in gelişimi için gerekli olan amino asitleri sağladığını belirlemişlerdir. Law & Kolstad (1983), kazeinin degradasyonu ile oluşan peptitlerin, LAB'nin hücre içine alındıktan sonra, gelişebilmeleri için gerekli olabilecek amino asitleri üretebildiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca, *L. brevis* 145'in, serbest amino asitleri hücre dışı ortamdan doğrudan taşıma sistemine sahip olduğu ve metabolize edebildiği saptanmıştır. *L. brevis*'in amino asit gereksinimi için, lizin, fenilalanin, tirozin ve triptofan'ı sentezleyebildiği de Xiao vd. (2020) tarafından tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, FMB örneğinde, *S. thermophilus*'un ürettiği besin bileşenlerine *L. brevis* ile birlikte, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un da ihtiyaç duyması ile rekabetçi bir ortamın oluşumuna bağlı olarak, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un yeterli ve hızlı asitliği sağlayamaması nedeni ile fermantasyon süresinin uzadığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar Dimitrellou vd. (2019) tarafından *L. casei* için yoğurt bakterileri varlığında belirlenmiştir.

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca pH değişimine ait sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir. Depolama süresi boyunca C, FMB, FMP ve FMR rneklerinin pH düzeyleri 4,33-4,46 arasında değişmiştir. Örneklere ait ortalama değerler incelendiğinde en düşük pH 4,37 ile 21. günde, en yüksek pH ise 4,44 ile 1. günde saptanmıştır. Genel olarak fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada, geleneksel yoğurt kültürlerine ek olarak kullanılan Mihaliç peyniri izole kültürlerinin, yoğurtların depolama süresince pH düzeylerinin azalmasında etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Fermente süt örneklerinin depolama süresince pH düzeylerindeki değişim

Fermente Süt rnekleri	pH			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21
C	4,46	4,45	4,42	4,40
FMB	4,38	4,35	4,33	4,33
FMP	4,46	4,42	4,42	4,37
FMR	4,45	4,42	4,41	4,40
Minimum	4,38	4,35	4,33	4,33
Maksimum	4,46	4,45	4,42	4,40
Ortalama	4,44	4,41	4,40	4,37

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde ise, örneklerin pH düzeyleri örnek çeşidi ve depolama süresi $p<0,01$ düzeyinde önemli, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Fermente süt örneklerinin pH değişimlerine ait LSD testi sonuçlarına göre, örnek çeşitlerinden C, FMP ve FMR rneklerinin pH değerleri benzerlik göstermiştir. En düşük pH değerinin 4,35 ile FMB örneğine ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Örneklerin depolama süresi boyunca pH değerlerinin azalma eğilimi göstermesi nedeni ile dönemler arasında da farklılıklar tespit edilmiştir. Depolama süresi LSD testi sonuçlarına göre, en düşük pH değeri 4,37 ile 21. günde, en yüksek pH değeri 4,44 ile 1. günde saptanmış ve pH depolama boyunca azalmıştır (Çizelge 4.6). Depolama süresince fermente süt örneklerinin asitliğindeki artış, pH değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Bu durum, genellikle starter kültürlerin asitlik geliştirme aktivitesinden kaynaklanan "post-asidifikasyon" olarak adlandırılmaktadır (Han vd., 2022).

Çizelge 4.6. Fermente süt örneklerinin pH değerlerine ait LSD testi sonuçları

rnek Çeşidi	N	pH
C	12	4,43±0,028 ^a
FMB	12	4,35±0,024 ^b
FMP	12	4,42±0,037 ^a
FMR	12	4,42±0,022 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	4,44±0,037 ^a
7	12	4,41±0,043 ^{ab}
14	12	4,39±0,042 ^{bc}
21	12	4,37±0,032 ^c
rnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
rnek Çeşidi x Depolama Süresi		nemsiz

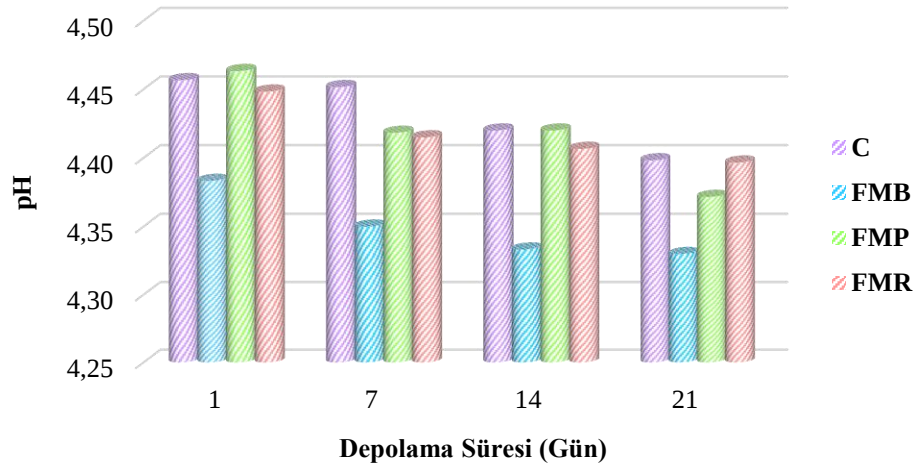
C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

L. brevis'in yoğurtların buzdolabı şartlarında depolanması sırasında da aktivite gösterdiği ve pH değerlerinin fruktooligosakkarit içeren simbiyotik ortamda ise daha yüksek hızda düşüş gösterdiği belirtilmektedir (Kariyawasam vd., 2021).

Fan vd. (2022) ve Abdel-Hamid vd. (2019) fermente olmuş sütlerin post-asidifikasyonu boyunca *L. casei* ve *L. brevis* suşlarının gelişim gösterdiğini ve canlılığını koruduğunu belirtmektedirler.

Depolama süresince pH'da azalma, laktik asit bakterilerinin rezidüel aktivitesi ile gerçekleşmektedir. Karışık kültür ve probiyotiklerin uyumlu bir ortak yaşam interaksyonunun yüksek metabolik aktivitesi nedeni ile depolama boyunca organik asit üretimi ve pH'nın yavaş da olsa azalması yapılan farklı çalışmalar ile de bildirilmiştir (Habibi Najafi vd., 2019). Araştırmalar ile paralel olarak bu çalışma ile de Mihaliç peyniri izole kültürlerindeki bakterilerin post-asidifikasyonu geliştirdiği söylenebilmektedir.

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerlerindeki değişim grafiği Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerlerine ait değişim grafiği

4.1.3. Titrasyon asitliği

Sütün fermentasyonu, laktik asit bakterilerinin laktozu laktik aside metabolize etmesi ve kazein misellerinin destabilizasyonu sonucunda oluşan jel yapısındaki makro/mikro düzeydeki biyokimyasal ve duyuşal değişiklikler ile sonuçlanmaktadır (Casarotti vd., 2014).

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca titrasyon asitliği (% LA) sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Örneklerin depolama süresi boyunca titrasyon asitliği değerleri % 1,13-1,30 arasında değişmiştir. Depolama süresince titrasyon asitliği değerleri ortalama verilerinin en yüksek % 1,25 ile 21. gün, en düşük % 1,15 ile 1. güne ait olduğu belirlenmiştir. Sonuçların genel değerlendirilmesinde, fermente süt örneklerinin titrasyon asitliğinde beklenildiği gibi pH’daki azalmaya bağlı olarak depolama süresi boyunca artış meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 4.5, Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Fermente süt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği değerlerindeki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Titrasyon Asitliği (%)			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21
C	1,13	1,24	1,25	1,26
FMB	1,16	1,25	1,26	1,30
FMP	1,14	1,18	1,18	1,24
FMR	1,16	1,20	1,26	1,22
Minimum	1,13	1,18	1,18	1,22
Maksimum	1,16	1,25	1,26	1,30
Ortalama	1,15	1,22	1,24	1,25

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Fermente süt örneklerinin titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonları açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0,01$) (izelge 4.8).

Örneklerin LSD testi sonuçlarına göre, en düşük titrasyon asitliğinin *L. paracasei* içeren FMP rneği (% 1,19) ve en yüksek titrasyon asitliği değerinin ise *L. brevis* içeren FMB (% 1,25) rneğinde olduğu tespit edilmiştir (izelge 4.8).

Titrasyon asitliğindeki artışı, bakterilerin metabolizması sırasında oluşturulan laktik asit birikimine bağlı geliştiiği farklı çalışmacılar tarafından da bildirilmiştir (Pernoud vd., 2004; Ho vd., 2017; Lang vd., 2022).

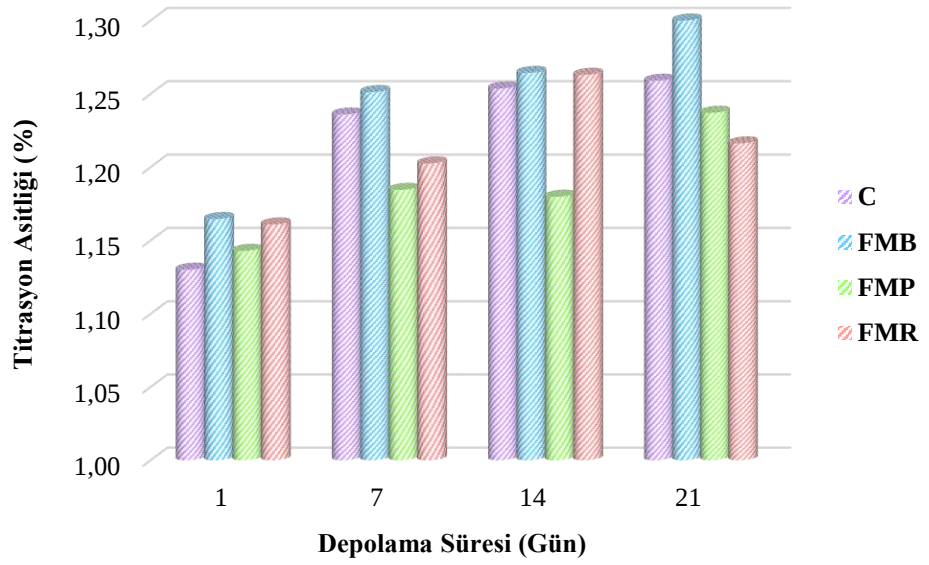
Çizelge 4.8. Fermente süt örneklerinin titrasyon asitliği değişimine ait LSD testi sonuçları

rnek eşidi	N	Titrasyon Asitliği (%)
C	12	1,22±0,061 ^b
FMB	12	1,25±0,059 ^a
FMP	12	1,19±0,039 ^c
FMR	12	1,21±0,042 ^b
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	1,15±0,016 ^c
7	12	1,22±0,030 ^b
14	12	1,24±0,041 ^a
21	12	1,25±0,038 ^a
rnek eşidi		**
Depolama Süresi		**
rnek eşidi x Depolama Süresi		**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Örneklerin depolama süresi interaksiyonunda, titrasyon asitliği değerlerinde en düşük asitlik 1. günde (%1,15) ve en yüksek değerler 14. (%1,24) ve 21. (%1,25) günlerde saptanmıştır. Depolama süresinin 14. ve 21. günlerindeki titrasyon asitliği sonuçları aynı grupta yer alması nedeni ile benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.8).

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca titrasyon asitliği (%) değerleri grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca titrasyon asitliğindeki değişim

Chand vd. (2021) fermente yağsız süt üretiminde *S. thermophilus*'a ek olarak farklı probiyotik kültür olarak *L. rhamnosus* ve *L. paracasei* ssp. *paracasei* kullanımının titrasyon asitliği değerlerinde daha yüksek bir artış oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Fan vd. (2022) probiyotik *L. casei* ve *L. brevis* suşlarının asitlik üretme yeteneklerinin farklı olduğunu ve *L. casei*'nin asit üretme kapasitesinin, *L. brevis*' den daha yüksek olarak tanımlandığını belirtmişlerdir.

Lang vd. (2022) izole ettikleri *L. plantarum* ve karışık kültür kullanılarak ürettikleri yoğurtlarda, depolama süresince laktik asit oluşumuna bağlı olarak asitliğinin arttığını

belirtmiştir. Eşit oranda bakteri kullanılarak üretilen sistemde β -galaktosidaz aktivitesinin kontrol grubuna benzer olmasına rağmen, laktat dehidrojenaz aktivitesinin kontrol grubundan çok daha yüksek olduğu ve dolayısı ile pirüvattan laktik asit üretimini arttırarak asitliği geliştirdiğini saptamışlardır.

4.1.4. Bileşim özellikleri

Fermantasyon sırasında süt komponentleri (karbonhidrat, lipit, protein vb.) laktik asit bakterilerinin gelişimi için önemli besin bileşenlerini içermekte ve benzersiz organoleptik profilin oluşumu için bu bileşenler degradesi olmaktadır (Krastanov vd., 2023).

Fermente süt örneklerine ait bileşim özellikleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bileşim özelliklerinden kurumadde ve kül miktarlarına ait LSD testi sonuçlarına göre örnekler arası farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Örneklerin protein miktarı % 4,41-4,94 arasında değişmiştir. Fermente süt örneklerinden C, FMP ve FMR’nin protein miktarlarına ait LSD testi sonuçlarına göre, bu örnekler aynı grupta benzer özellikler gösterirken, FMB örneğinde daha düşük protein oranı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Fermente süt örneklerinin bileşim özelliklerinin LSD testi sonuçları

Bileşim	C	FMB	FMP	FMR	p
Kurumadde (%)	10,68±0,216 ^a	10,71±0,0043 ^a	10,84±0,005 ^a	10,90±0,096 ^a	Önemsiz
Kül (%)	0,33±0,002 ^a	0,33±0,021 ^a	0,32±0,002 ^a	0,33±0,001 ^a	Önemsiz
Protein (%)	4,94±0,100 ^a	4,41±0,018 ^b	4,80±0,002 ^a	4,87±0,043 ^a	*

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
(*) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

L. brevis, proteolitik aktiviteye sahiptir ve aroma oluşumuna katkıda bulunan çözünebilir peptitler, serbest amino asitler ve diğer küçük moleküllü bileşikler dahil olmak üzere lezzet bileşiklerini üretmektedir (Chen vd., 2015). Çalışmada da belirtildiği gibi *L.*

brevis'in diğer bakterilere göre daha yüksek proteolitik özelliğinden dolayı FMP örneğinde protein oranının daha düşük tespit edildiği düşünülmektedir.

4.1.5. Renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , WI^* , YI^* ve ΔE^*)

Renk, bir gıdanın tüketici tarafından değerlendirilmesinde ilk etkiyi oluşturan, satın alma ve tercihlerde doğrudan etkili en önemli kalite özelliklerden birisi olarak sayılmaktadır. Gıdanın rengi, hammadde bileşimi ve işleme sırasında meydana gelen biyokimyasal değişikliklerden de etkilenmektedir (Pathare vd., 2013).

Fermente süt örneklerinin depolama süresi boyunca incelenen renk özelliklerine (L^* , a^* ve b^*) ait sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Örneklerin L^* parametresine ait sonuçları 72,16-77,84 aralığında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise en düşük değer 75,42 ile 1. günde ve en yüksek renk değeri ise 76,55 ile 21. günde bulunmuştur. Fermente süt örneklerinin a^* (-yeşillik/+kırmızılık) parametresine ait sonuçlar -2,91 ile -1,87 arasında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise en düşük a^* değerinin -2,68 ile 21. güne ve en yüksek değerinin ise -1,96 ile 1. güne ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Örneklerin b^* (-mavilik/+sarılık) parametresine ait sonuçlar 8,40-10,40 aralığında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde en düşük b^* değerinin 9,56 ile 1. güne ve en yüksek değerin 9,98 ile 7. güne ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Fermente süt örneklerinin temel renk parametrelerinden yaralanılarak hesaplanan beyazlık indeksi (WI^*), sarılık indeksi (YI^*) ve renk farklılığı (ΔE^*) değerlerine ait sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Örneklerin WI^* değerleri 88,24-90,08 aralığında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, en düşük WI^* değerinin 88,59 (7. gün) ve en yüksek WI^* değerinin ise 89,05 (1. gün) olduğu belirlenmiştir. Örneklerin YI^* değerleri 15,73-20,33 aralığında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, en düşük YI^* değeri 18,15 (1. gün) ve en yüksek YI^* değerinin ise 18,90 (7. gün) olduğu saptanmıştır. Örneklerin ΔE^* değerleri 1,38-5,06 aralığında değişmiştir. Ortalama değerleri açısından, en düşük ΔE^* değerinin

2,15 (21. gün) ve en yüksek ΔE^* değerinin ise 4,57 (7. gün) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Fermente süt örneklerinin renk özelliklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Örneklerin L^* parametresine ait varyans analizinde örnek çeşidi $p<0,01$ düzeyinde önemli ve a^* parametresine göre örnek çeşidi ve depolama süresi $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, b^* parametresine ait varyans analizinde örnek çeşidi $p<0,01$ ve depolama süresi ise $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer parameterlerde önemli farklılıklar tespit edilmemiştir.

Süt ürünlerinin beyaz rengi, kazein misellerinin ve yağ globüllerinin ışığı yansıtma özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Mousavi vd., 2019). Tespit edilen renk özelliklerinden, L^* parametresi parlaklık indeksi olarak tanımlanmakta, a^* parametresi için elde edilen negatif değerler yeşil rengi ve b^* parametresi için tespit edilen pozitif değerler ise sarı rengi ifade etmektedir (Granato & Masson, 2010; Akeem vd., 2018).

Çizelge 4.10. Fermente süt örneklerinin renk parametrelerindeki değişim (L^* , a^* ve b^*)

Fermente Süt Örnekleri	L^*				a^*				b^*			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21	1	7	14	21	1	7	14	21
C	72,72	72,16	74,86	75,13	-1,87	-2,05	-2,26	-2,29	10,32	10,26	10,23	10,40
FMB	76,29	76,95	77,29	77,84	-2,02	-2,78	-2,81	-2,91	8,40	9,60	9,40	9,39
FMP	75,13	75,88	76,01	76,37	-1,99	-2,46	-2,68	-2,66	10,03	10,10	10,12	10,04
FMR	77,55	77,19	76,29	76,87	-1,95	-2,50	-2,70	-2,84	9,51	9,96	9,56	9,37
Minimum	72,72	72,16	74,86	75,13	-1,87	-2,05	-2,26	-2,29	8,40	9,60	9,40	9,37
Maksimum	77,55	77,19	77,29	77,84	-2,02	-2,78	-2,81	-2,91	10,32	10,26	10,23	10,40
Ortalama	75,42	75,54	76,11	76,55	-1,96	-2,45	-2,61	-2,68	9,56	9,98	9,83	9,80

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.11. Fermente süt örneklerinin renk parametrelerindeki değişim (WI^* , YI^* ve ΔE^*)

Fermente Süt Örnekleri	WI^*				YI^*				ΔE^*			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21	1	7	14	21	1	7	14	21
C	88,28	88,28	88,38	88,24	20,27	20,33	19,51	19,77	-	-	-	-
FMB	90,08	88,91	89,09	89,10	15,73	17,83	17,37	17,23	4,10	4,89	2,63	2,96
FMP	88,62	88,51	88,45	88,54	19,07	19,02	19,05	18,78	2,45	3,75	2,24	1,38
FMR	89,20	88,67	88,93	89,09	17,51	18,43	17,91	17,41	4,89	5,06	1,64	2,11
Minimum	88,28	88,28	88,38	88,24	15,73	17,83	17,37	17,23	2,45	3,75	1,64	1,38
Maksimum	90,08	88,91	89,09	89,10	20,27	20,33	19,51	19,77	4,89	5,06	2,63	2,96
Ortalama	89,05	88,59	88,71	88,74	18,15	18,90	18,46	18,30	3,82	4,57	2,17	2,15

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Örneklerin renk özelliklerinin LSD testi sonuçlarına göre Mihaliç peynirinden izole edilen kültürlerin kullanıldığı örneklerin tamamında (FMB, FMP ve FMR) en yüksek L^* değerleri saptanırken, daha düşük L^* değerinin ise kontrol C örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin üretiminde farklı izole ek kültür kullanımı depolama süresi boyunca L^* parametrelerinde değişime neden olmamıştır (Çizelge 4.12).

L. paracasei ssp. *paracasei* içeren az yağlı yoğurtlarda parlaklığın arttığı bildirilmiştir. Jel yapısının daha fazla serum içermesi ile ışığı yansıttığı ve serum içeriğindeki artışın parlaklık algısını etkilediği Pimentel vd. (2013) tarafından belirtilmektedir.

Örneklerin a^* parametresine ait daha düşük değer *L. brevis* içeren FMB (-2,63) örneğinde ve en yüksek değer ise C örneğinde (-2,12) bulunmuştur. Depolama süresince a^* parametresi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Örneklerin b^* parametresine ait en düşük değerin 9,20 ile *L. brevis* içeren FMB örneğine ve en yüksek değerlerin ise 10,30 ile kontrol C ve 10,07 ile *L. paracasei* içeren FMP örneklerine ait olduğu saptanmıştır. Depolama süresi boyunca b^* parametresine ait sonuçlarda en düşük değerin 1. günde (9,56) ve en yüksek değerinin ise 7. günde (9,98) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Genel anlamda renk özelliklerinde belirgin değişimler saptanmamıştır (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12). *L. brevis* ilavesinin yoğurtların renk parametrelerinde farklılıklara neden olmadığı Kariyawasam vd. (2021) tarafından bildirilmiştir. Düşük kalorili simbiyotik yoğurt üretiminde *L. rhamnosus*'un kullanılmasının yoğurtların L^* , a^* ve b^* değerlerinde farklılıklarına neden olmadığı Chand vd. (2021) tarafından belirtilmektedir.

Çizelge 4.12. Fermente süt örneklerinin renk özellikleri (L^* , a^* ve b^*) değişimine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	L^*	a^*	b^*
C	12	73,72±1,494 ^b	-2,12±0,196 ^a	10,30±0,075 ^a
FMB	12	77,09±0,647 ^a	-2,63±0,410 ^c	9,20±0,540 ^c
FMP	12	75,85±0,522 ^a	-2,45±0,322 ^b	10,07±0,043 ^a
FMR	12	76,97±0,535 ^a	-2,50±0,389 ^{bc}	9,60±0,254 ^b
Depolama Süresi (Gün)				
1	12	75,42±2,053 ^a	-1,96±0,064 ^a	9,56±0,846 ^b
7	12	75,54±2,325 ^a	-2,45±0,304 ^b	9,98±0,281 ^a
14	12	76,11±1,001 ^a	-2,61±0,244 ^{bc}	9,83±0,408 ^{ab}
21	12	76,55±1,128 ^a	-2,68±0,276 ^c	9,80±0,506 ^{ab}
Örnek Çeşidi		**	**	**
Depolama Süresi		Önemsiz	**	*
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
 (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Örneklerin WI^* , YI^* ve ΔE^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Örneklerin varyans analizi sonuçlarına göre WI^* değerleri örnek çeşidi ($p < 0,01$) ve depolama süresi ($p < 0,05$) açısından önemli, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu olarak önemsiz bulunmuştur. YI^* değerleri örnek çeşidi $p < 0,01$ düzeyinde önemli, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından önemsiz olarak saptanmıştır. ΔE^* değerleri örnek çeşidi ve depolama süresi açısından $p < 0,01$ düzeyinde, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda ise $p < 0,05$ düzeyinde önemli olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Örnek çeşidinde WI^* (beyazlık indeksi) değerleri en düşük C (88,30) ve FMP (88,53) örneklerinde, en yüksek ise FMB (89,30) örneğinde saptanmıştır. Depolama süresi boyunca, en düşük WI^* değeri 88,59 ile 7. günde belirlenirken diğer günlerde benzer olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Fermente sütlerin WI^* değerlerinde meydana gelen

farklılıkta, kazein oranı ve laktik asit bakterileri tarafından asitlik gelişimi ile sağlanan protein agregasyonunun etkili olabileceği belirtilmektedir (Mkadem vd., 2023).

Çizelge 4.13. Fermente süt örneklerinin renk özellikleri (WI^* , YI^* ve ΔE^*) değişimine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	WI^*	YI^*	ΔE^*
C	12	88,30±0,050 ^b	19,97±0,346 ^a	-
FMB	12	89,30±0,460 ^a	17,04±0,786 ^c	3,64±0,902 ^a
FMP	12	88,53±0,062 ^b	18,98±0,118 ^b	2,45±0,850 ^b
FMR	12	88,98±0,198 ^b	17,82±0,403 ^c	3,43±1,561 ^a
Depolama Süresi (Gün)				
1	12	89,05±0,788 ^a	18,15±1,967 ^a	3,82±1,248 ^a
7	12	88,59±0,265 ^b	18,90±1,071 ^a	4,57±0,710 ^a
14	12	88,71±0,354 ^{ab}	18,46±0,990 ^a	2,17±0,499 ^b
21	12	88,74±0,426 ^{ab}	18,30±1,200 ^a	2,15±0,791 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**
Depolama Süresi		*	Önemsiz	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	*

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*
 (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

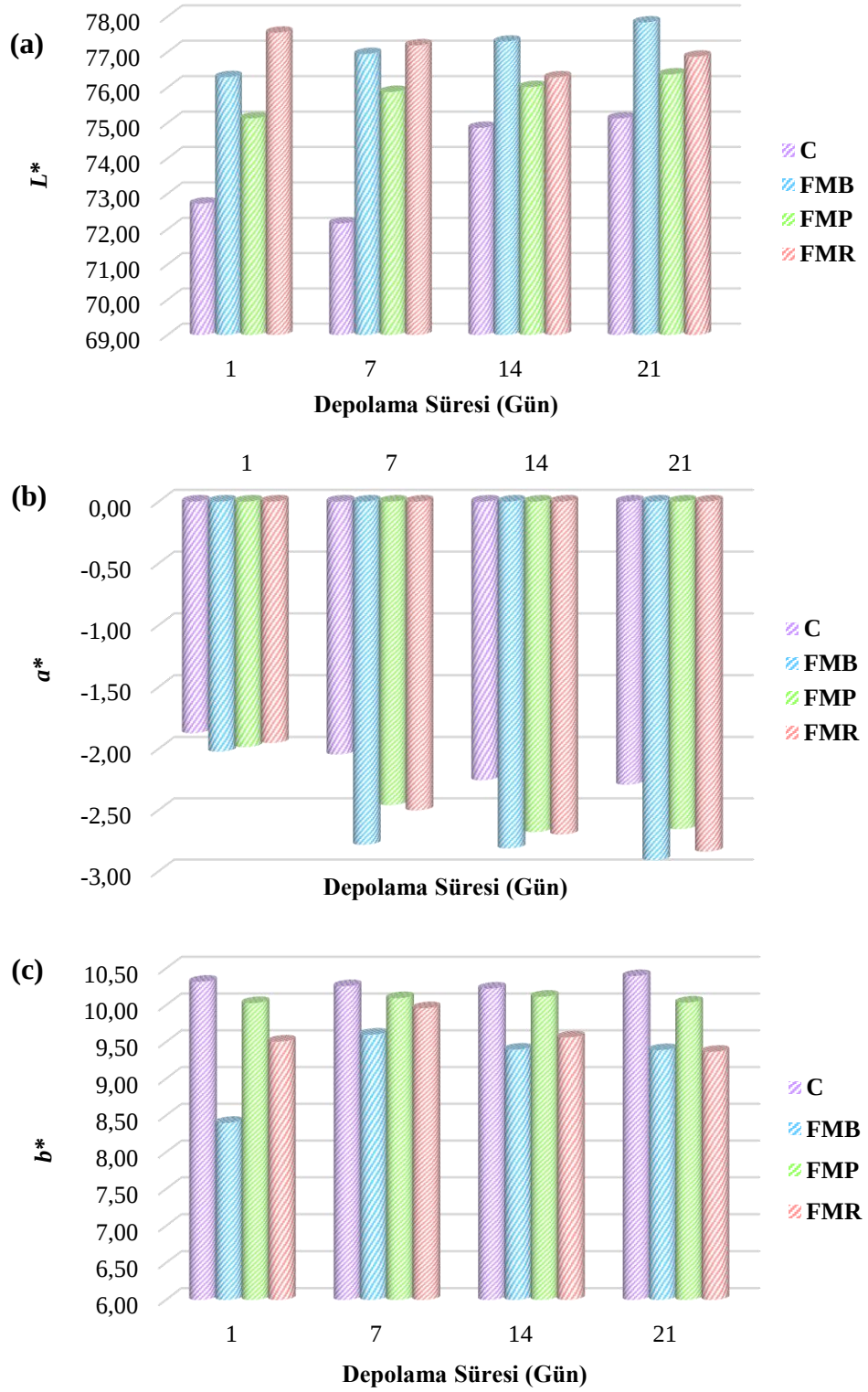
Fermantasyon sırasında asitlik, proteoliz ve lipoliz reaksiyonları sonucunda oluşan bileşikler renk indekslerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemektedir (Farak vd., 2022). Bu anlamda, tercih edilen kültür kombinasyonlarındaki bakteri türlerinin oluşturduğu organik bileşikler ve metabolitler fermente sütlerin renk özelliklerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Örneğin *L. reuteri* ile üretilen fermente sütlerde, bu bakterinin reuterin üretmesi ile fermente sütlerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin daha yüksek tespit edildiği Ortiz-Rivera vd. (2017) tarafından belirtilmektedir.

YI^* (sarılık indeksi) değerleri, $+b^*$ (sarılık) değerleri ile paralel olarak en düşük FMB (17,04) ve FMR (17,82) örneklerinde ve en yüksek ise C örneğinde (19,97) saptanmıştır. Depolama süresince, YI^* değerlerinde farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13).

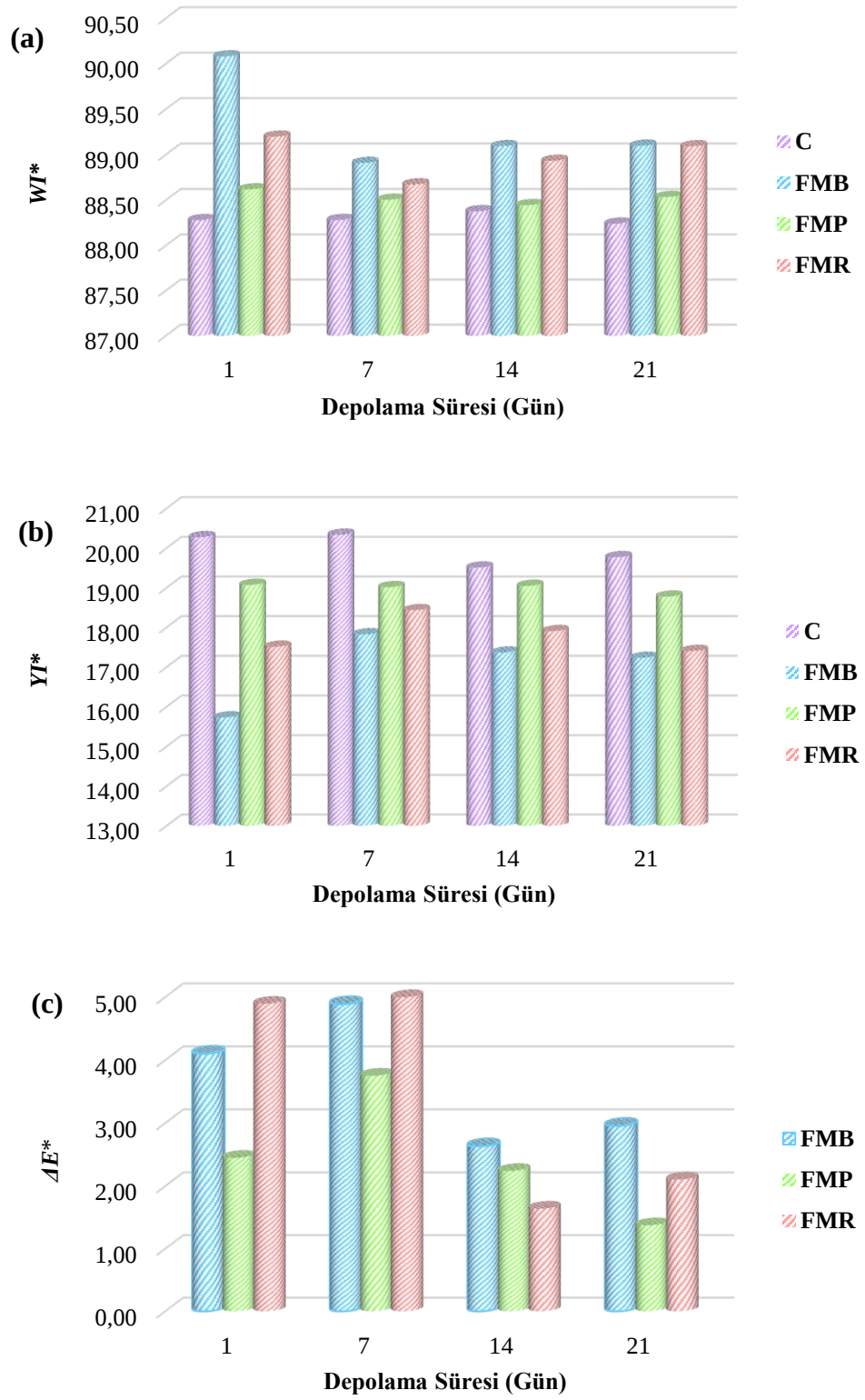
Kontrole göre toplam renk farklılığını ifade eden ΔE^* değerlerinin, en düşük FMP örneğine (2,45), en yüksek ise FMB (3,64) ve FMR (3,43) örneklerine ait olduğu bulunmuştur. Depolama süresi boyunca ΔE^* değerlerinde azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

$\Delta E^* < 1$ olduğunda renk farklılığı insan gözü ile görülememekte, $1 < \Delta E^* < 3$ olması durumunda renk farklılıkları önemli kabul edilmemekle birlikte insan gözüne göre değişiklikler olabilmektedir. $\Delta E^* > 3$ olduğunda ise renk farklılıklarının insan gözü ile tanımlanabildiği kabul edilmektedir (Pojić vd., 2014).

Fermente süt örneklerinin renk özelliklerinden L^* , a^* , b^* , WI^* , YI^* ve ΔE^* değerlerine ait değişim grafiği Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Fermente süt örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) L^* ; b) a^* ; c) b^*



Şekil 4.8. Fermente süt örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) WT^* ; b) YI^* ; c) ΔE^*

4.1.6. Su tutma kapasitesi

Fermente süt üretiminde kullanılan hammadde sütün özellikleri, işleme yöntemi ve starter kültür çeşidi asit-jel yapısını etkileyerek su tutma kapasitesinde değişikliklere neden olmaktadır (Nguyen vd., 2018). Bu rnler, yüksek su içeriğine sahip olmakla birlikte süt proteinlerinin pıhtılaşması sırasında serum, oluşan üç boyutlu ağ yapıda tutulmaktadır. Yapıyı etkileyen mekanik dış kuvvetlerin uygulanması veya ağ yapıda meydana gelen deformasyon sonucunda, jelin su tutma kapasitesi bozularak, "sinerezis" adı verilen ve serumun dışarı sızması ile sonuçlanan biyokimyasal dnm gerçekleşmektedir (Lee & Lucey, 2010). Sinerezis, aynı zamanda tüketiciler tercihlerini de etkileyen temel görünüş kusurlarından biri olarak da kabul edilmektedir (Ghaderi-Ghahfarokhi vd., 2020).

Farklı kültür kombinasyonları kullanılarak üretilen fermente süt örneklerinin, su tutma kapasitesi özelliğinde değişiklikler meydana gelmiş ve sonuçlar izelge 4.14’de verilmiştir.

C, FMB, FMP ve FMR örneklerine ait su tutma kapasitesi sonuçları % 30,69-37,54 aralığında değimitir. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük su tutma kapasitesinin % 32,14 ile 1. güne ve en yüksek su tutma kapasitesinin % 34,74 ile 7. güne ait olduğu saptanmıştır. Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesinin genel profilleri değerlendirildiğinde depolama süresi boyunca arttığı belirlenmiştir (izelge 4.14).

Fermente süt üretiminde, süte uygulanan yüksek sıcaklıkta ısıl işlem ile peynir altı suyu proteinleri denatüre olmakta ve özellikle β -laktoglobulin ve κ -kazein arasında interaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu interaksiyonlar, kompakt bir protein ağının oluşmasına, serbest suyun immobilizasyonuna ve yoğurdun/fermente sütün su tutma kapasitesinin gelişimine olanak sağlamaktadır (Akalin vd., 2012; Jrgensen vd., 2015). Ayrıca fermente süt ürünlerinin su tutma kapasitesi, fermentasyon sırasında seçilen su tarafından laktik asit üretimi, kazein misellerinin ağ yapıyı oluşturması ve proteinlerin üç boyutlu retiklasyonundan büyük ölçüde etkilenmektedir (Jaster vd., 2018; Dan vd., 2023).

Çizelge 4.14. Fermente süt örneklerine ait su tutma kapasitesi sonuçları

Fermente Süt Örnekleri	Su Tutma Kapasitesi (%)			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21
C	30,69	33,67	33,47	31,17
FMB	32,41	32,88	32,04	36,53
FMP	32,84	34,89	36,28	37,02
FMR	32,62	37,54	32,00	32,35
Minimum	30,69	32,88	32,00	31,17
Maksimum	32,84	37,54	36,28	37,02
Ortalama	32,14	34,74	33,45	34,27

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Örneklerin su tutma kapasitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına göre, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Su tutma kapasitesindeki değişimlerde, en yüksek değer *L. paracasei* içeren FMP örneğine (% 35,26) ve en düşük değer ise kontrol C örneğine (% 32,25) ait olduğu belirlenmiştir. Örnek çeşitlerinden FMB (% 33,46) ve FMR (% 33,63) örneklerinin su tutma kapasitelerinin ise benzer olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.15).

Set tipi yoğurtlara *L. paracasei* ssp. *paracasei*'nin eklenmesinin, sinerezisi etkilediği saptanmıştır. Probiyotik yoğurt formülasyonlarında ekzopolisakkarit üretiminin, diğer yoğurt örneklerine göre, daha az sinerezise neden olduğu belirtilmiştir. Kaliteli bir yoğurdun, sinerezis oluşmadan, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması gerektiği ve bu nedenle probiyotik yoğurt üretiminde *L. paracasei* ssp. *paracasei* kullanımının, jel yapının korunmasına yardımcı olduğu Pimentel vd. (2013) tarafından belirtilmiştir.

EPS üretme yeteneğine sahip *L. rhamnosus*'un EPS oluşturma yeteneği olmayan yoğurt starter kültürleri ile birlikte fermente süt üretiminde kullanılmasının bu sütlerin, viskozitesini arttırarak su tutma kapasitelerini geliştirdiği saptanmıştır. EPS üretmeyen *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un, *L. rhamnosus* ile kısmen veya tamamen değiştirilmesinin, görünür viskozite ve dolayısı ile su tutma kapasitesini de arttırdığı tespit edilmiştir (Yang vd., 2010).

Bir probiyotik kültürün EPS üretme yeteneğine sahip olması sonucunda, EPS'nin asit jel yapıya dahil edilmesi ile esneklik sağlandığı ve su ayrılması/sinerezisi önleyen bir stabilizasyon etkisinin sağlandığı Kailasapathy (2006) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 4.15. Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesindeki değişime ait LSD testi sonuçları (%)

Örnek Çeşidi	N	Su Tutma Kapasitesi (%)
C	12	32,25±1,539 ^c
FMB	12	33,46±2,072 ^b
FMP	12	35,26±1,837 ^a
FMR	12	33,63±2,618 ^b
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	32,14±0,983 ^c
7	12	34,74±2,038 ^a
14	12	33,45±2,009 ^b
21	12	34,27±2,939 ^{ab}
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

LAB ile asitlik gelişiminin depolama sırasında artmaya devam etmesi, kazein misellerinde oluşan ağ yapının daha fazla kasılmasına neden olmakta ve serum fazı

salınarak sinerezisi meydana getirmektedir (Lourens-Hattingh & Viljoen 2001; Achanta vd., 2007).

Depolama süresince en yüksek su tutma kapasitesi değerinin 7. gün (% 34,74) ve en düşük su tutma kapasitesi değerinin ise 1. güne (% 32,14) ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

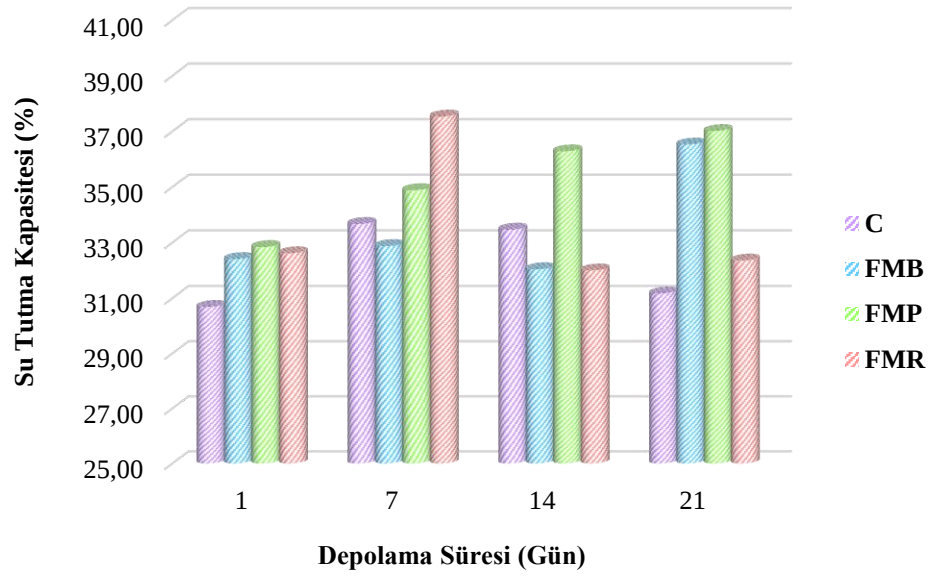
Yapılan çalışmalarda, fermente sütlerde pH'nın düşmesi ile süt proteinlerinin su tutma kapasitesinin artması sonucunda depolama sırasında sıklığının arttığı belirtilmektedir (Amatayakul vd., 2006; Ghaderi-Ghahfarokhi vd., 2020).

L. brevis'in yoğurt örneklerinin sertliğini arttırdığı, depolama süresi boyunca su tutma kapasitesini iyileştirdiği ve ayrıca sinerezisi azalttığı Falah vd. (2021) tarafından saptanmıştır.

Fermente süt ürünlerinde post-asidifikasyon, ürünlerin raf ömrü süresince bakterilerin metabolik aktivitesinin devam etmesi ile asitliğin artmasını ifade etmektedir. Asitliğin yüksek oranda gelişmeye devam etmesi ise, ürünlerin raf ömrünün kısılmasına, sinerezise, LAB ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacı ile ilave edilen probiyotiklerin canlılıklarının azalmasına neden olabilmektedir (Settachaimongkon vd., 2016).

Post-asidifikasyon, proteinler arasında hidrofobik ve elektrostatik etkileşimleri arttırarak kazein partiküllerinin genişlemesine, kolloidal kalsiyum fosfatın çözünmesine ve protein ağının kısmen ve yeniden düzenlenmesine neden olmaktadır (Guenard-Lampron vd., 2020). Bu oluşan konformasyonda yoğun ve kararlı yapıdaki protein ağı, ortamda bulunan ekzopolisakkarit varlığı ve mikroorganizmaların laktik aktivitesi ile doğrudan bağlantılı olan viskozite ve sertliğini artırarak fermente ürünlerin reolojik özelliklerinin iyileştirilmesini desteklemektedir (Saint-Eve vd., 2008; Kumar vd., 2017).

Fermente süt örneklerine ait su tutma kapasitesindeki değişim grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Fermente süt örneklerinin su tutma kapasitesindeki değişim

4.1.7. Tekstürel özellikler

Fermente süt ürünlerinin makro/mikro yapısal özellikleri, homojenliği, pürüzsüzlüğü ve spesifik fermente tatları ile şekillenen interaksiyonlar duyuusal dinamiklerin gelişimini ve tüketici tercihini belirleyen önemli özelliklerdir. Fermente süt jellerinin mekanik strese karşı gösterdiği yapısal direnç ise sütün bileşimi, üretim prosesi ve fermantasyon için kullanılan starter kültürler, inkübasyon ve depolama koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Han vd., 2016; Tarrah vd., 2018; Zong vd., 2022).

Fermantasyon sırasında kullanılan laktik asit bakterilerinin türü ve metabolik aktiviteleri, fermente süt ürünlerinin jelleşme özelliklerini oluşturmaktadır (Weerathilake vd., 2014; Nguyen vd., 2018; Dan vd., 2023).

Örneklerin enstrümental tekstür analizlerinin sonucunda sıklık, konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi parametreleri belirlenmiş ve bu değerler Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Sıklık özelliğine ait değerler 87,85-125,98 g arasında değişmiştir. Ortalama sonuçlar incelendiğinde, en yüksek sıklık değerinin 112,75 g ile 21. güne ve en düşük değerin ise 92,98 g ile 1. güne ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16a).

Örneklerin konsistens özelliğine ait değerler 1383,83-1828,45 g.s arasında değişmiştir. Ortalama sonuçlar incelendiğinde ise en düşük konsistens değerinin 1434,27 g.s ile 1. günde ve en yüksek konsistens değerinin ise 1709,89 g.s ile 14. günde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16a).

C, FMB, FMP ve FMR örneklerinin iç yapışkanlık özelliklerine ait değerler -61,30 g ile -70,94 g arasında değişmiştir. Ortalama sonuçlarda, en yüksek iç yapışkanlık değerinin -68,93 g ile 21. günde ve en düşük iç yapışkanlık değerinin ise -64,72 g ile 1. günde olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.16b).

Örneklerin viskozite indeksine ait değerler -100,82 ile -133,63 g.s arasında değişmiştir. Ortalama sonuçlar incelendiğinde, en yüksek viskozite indeksi değerinin -126,33 g.s ile 21. güne ve en düşük viskozite indeksinin ise -104,72 g.s ile 1. güne ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16b).

Tekstür, yoğurdun kalitesi, görünüşü, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirliğini belirleyen temel özelliklerden birisidir. Yoğurt, zamana bağlı davranışı oldukça yüksektir, non-newtonian psödoplastik bir davranış göstermektedir. Yield stress, sıklık, duyuşal özellikler yoğurdun bileşimi ve üretim parametreleri ile anlamlı bir korelasyon göstermektedir (Ares vd., 2006).

Çizelge 4.16a. Fermente süt örneklerinin tekstürel özelliklerindeki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Sıklık (Firmness, g)				Konsistens (Consistency, g.s)			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21	1	7	14	21
C	87,85	98,09	106,07	107,26	1383,83	1508,55	1633,87	1655,97
FMB	98,21	117,80	124,04	125,98	1512,21	1758,49	1818,54	1828,45
FMP	94,42	103,34	107,37	108,71	1423,22	1627,72	1682,00	1670,23
FMR	91,45	106,52	109,58	109,05	1417,83	1622,82	1705,15	1670,48
Minimum	87,85	98,09	106,07	107,26	1383,83	1508,55	1633,87	1655,97
Maksimum	98,21	117,80	124,04	125,98	1512,21	1758,49	1818,54	1828,45
Ortalama	92,98	106,44	111,77	112,75	1434,27	1629,39	1709,89	1706,28

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.16b. Fermente süt örneklerinin tekstürel özelliklerindeki değişim (devam)

Fermente Süt Örnekleri	İç Yapışkanlık (Cohesiveness, g)				Viskozite İndeksi (Index of Viscosity, g.s)			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	7	14	21	1	7	14	21
C	-61,30	-64,26	-64,08	-66,63	-100,82	-113,03	-115,53	-118,30
FMB	-66,75	-70,23	-70,45	-70,76	-104,77	-115,57	-125,40	-129,21
FMP	-62,67	-70,42	-69,12	-67,40	-106,70	-128,34	-129,08	-133,63
FMR	-68,18	-70,32	-70,34	-70,94	-106,59	-121,94	-125,98	-124,18
Minimum	-68,18	-70,42	-70,45	-70,94	-106,70	-128,34	-129,08	-133,63
Maksimum	-61,30	-64,26	-64,08	-66,63	-100,82	-113,03	-115,53	-118,30
Ortalama	-64,72	-68,81	-68,50	-68,93	-104,72	-119,72	-124,00	-126,33

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Fermente süt örneklerinin tekstürel özelliklerine ait değerlerin, varyans analizi sonuçları izelge 4.17’de verilmiştir. Örneklerin sıklık, konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi parametrelerine ait varyans analizinde, örnek çeşidi ve depolama süresi $p < 0,01$ düzeyinde önemli, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından önemsiz ($p > 0,05$) olarak bulunmuştur.

Örneklerin sıklık özelliğine ait LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek sıklık değerinin *L. brevis* içeren FMB rneğinde (116,51 g) ve düşük sıklık değerlerinin ise C (99,82 g), FMP (103,46 g) ve FMR (104,15 g) rneklerinde olduğu saptanmıştır (izelge 4.17).

L. brevis ile fermente edilen yoğurdun, kontrol örneğine göre daha yüksek sertlik, yapışkanlık ve sakızımsılık özelliğine sahip olduğu ancak çiğnenebilirlik ve esneklik parametrelerinde önemli bir değişikliğin olmadığı Fan vd. (2023) tarafından belirtilmiştir.

Sıklık, yoğurtlarda kritik tekstürel özelliklerden biri olarak duyuşal anlamda kaşıkla yenilebilme niteliğini de tanımlamaktadır. Yoğurt jelinin deformasyona karşı gösterdiği direnç kadar, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık ve sakızımsılık gibi parametreleri de set tipi yoğurtlarda stabil tekstürel özelliklerinin sağlanması oldukça önemlidir (Pimentel vd. 2012).

L. paracasei ssp. *paracasei* ile üretilen set tipi yoğurtlarda sıklık özelliklerinin arttığı, ancak iç yapışkanlık ve dış yapışkanlık parametrelerinde değişiklik saptanmadığı Pimentel vd. (2013) tarafından bildirilmiştir.

Raf mr boyunca fermente süt ürünlerinin tekstürel özelliklerinin kararlı ve dengeli yapıya sahip olması, tüketicilerde yeni üretilmiş ürün algısı oluşturması nedeni ile oldukça önemli olmaktadır (Fan vd., 2022).

Depolama süresi açısından, en yüksek sıklık değerlerinin 14. (111,77 g) ve 21. (112,75 g) günlerde olduğu ve soğuk muhafaza boyunca fermente sistemin sertliğinin arttığı tespit edilmiştir (izelge 4.17).

Örneklerin, en yüksek konsistens değerinin, *L. brevis* içeren FMB (1600,80 g.s), *L. paracasei* içeren FMP (1600,80 g.s) ve *L. rhamnosus* içeren FMR (1604,07 g.s) örneklerine ve en düşük konsistens değerinin ise kontrol C örneğine (1545,55 g.s) ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17).

Du vd. (2022) Lahana turşusundan izole edilen *L. brevis*'in yoğurt tekstürünün geliştirilmesinde fonksiyonel bir yardımcı kültür olarak uygulanabileceğini belirtmektedirler.

Depolama süresi interaksiyonunda, en yüksek konsistens değerlerinin 14. (1675,76 g.s) ve 21. günlerde (1666,73 g.s), en düşük konsistens değerlerinin ise 1. günde (1412,02 g.s) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Metabolik aktivitelerine göre LAB'i fermantasyon sırasında, asit-jellerinin viskozitesini arttıran galaktoz, mannoz, arabinoz ve ksilozdan oluşan hücre dışı polisakkaritleri üretmektedir. Jel sıkılığını arttıran asitlik gelişimi sırasında *L. brevis*'in, hücre dışı polisakkarit üretebilme yeteneğinin olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Pachekrepapol vd., 2017; Fan vd., 2022).

Çizelge 4.17. Fermente süt örneklerine ait tekstürel özelliklerin LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Sıklık (g)	Konsistens (g.s)	İç Yapışkanlık (g)	Viskozite İndeksi (g.s)
C	12	99,82±8,958 ^b	1545,55±108,990 ^b	-64,07±2,180 ^c	-111,92±7,705 ^c
FMB	12	116,51±12,688 ^a	1600,80±104,493 ^a	-69,55±1,879 ^a	-118,74±10,940 ^b
FMP	12	103,46±6,445 ^b	1600,80±104,493 ^a	-67,40±3,388 ^b	-124,44±12,053 ^a
FMR	12	104,15±8,574 ^b	1604,07±111,428 ^a	-69,95±1,211 ^a	-119,67±8,875 ^b
Depolama Süresi (Gün)					
1	12	92,98±4,401 ^c	1412,02±18,968 ^c	-64,72±3,265 ^b	-104,72±2,747 ^c
7	12	106,44±8,333 ^b	1596,70±58,815 ^b	-68,81±3,033 ^a	-119,72±6,863 ^b
14	12	111,77±8,311 ^a	1675,76±29,983 ^a	-68,50±3,005 ^a	-124,00±5,870 ^{ab}
21	12	112,75±8,854 ^a	1666,73±7,174 ^a	-68,93±2,238 ^a	-126,33±6,602 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Jel yapısındaki iç bağların kuvvetini açıklayan iç yapışkanlık değerlerinin, en yüksek, *L. rhamnosus* içeren FMR örneği (-69,95 g) ve FMB (-69,55 g), en düşük iç yapışkanlık değerlerinin ise C örneğine (-64,07 g) ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17).

Fermente süt jelinin deforme olma derecesini veya ürünü yerken kaşığa/ağıza yapışan yoğurdu uzaklaştırmak için ihtiyaç duyulan kuvvet olarak tanımlanan iç yapışkanlık ve dış yapışkanlık parametrelerinin, probiyotik kültür ilavesi ile çok fazla etkilenmediği Kumar & Mishra (2003) tarafından belirtilmiştir.

Chand vd. (2021) farklı *S. thermophilus* suşları ile *L. rhamnosus* ve *L. paracasei* kullanılarak üretilen yoğurtlarda, en yüksek sıklık değerlerini *L. rhamnosus* içeren örneklerde belirlemişlerdir.

İç yapışkanlık özelliğinin depolama süresince arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).

Jia vd. (2016), farklı oranlarda *L. rhamnosus* GG inokülasyonunun keçi sütünden üretilen yoğurtlarda, sıklık, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi parametrelerini etkilediğini saptamışlardır. Ayrıca bu çalışmada, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *S. thermophilus* ve *L. rhamnosus* GG'nin 1:1:4 inokülasyon oranlarında kullanımının en iyi tekstürel özellikleri sağladığını tespit etmişlerdir.

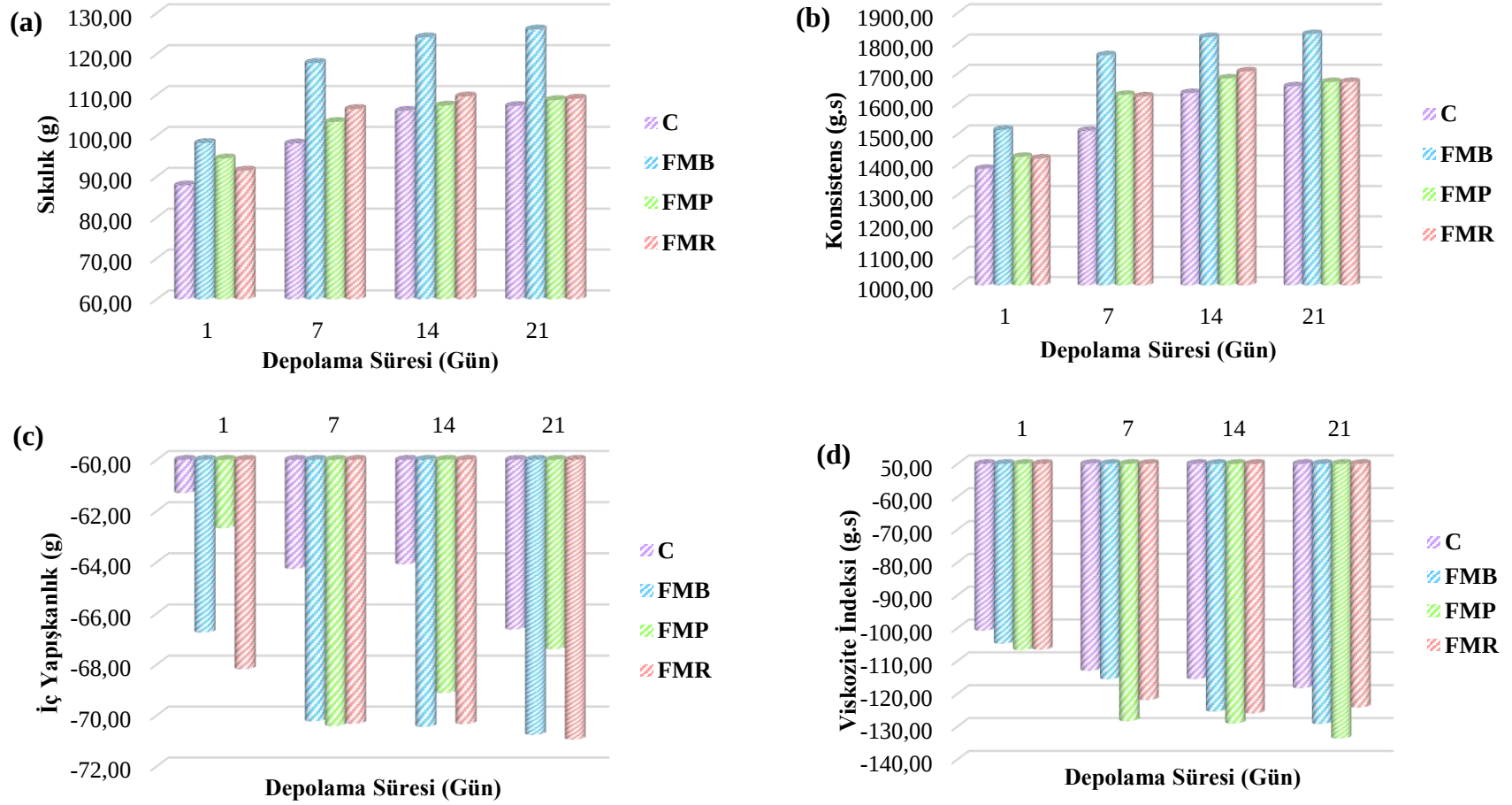
Örneklerin LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek viskozite indeksi değerlerinin *L. paracasei* içeren FMP örneğine (-124,44 g.s) ve en düşük viskozite indeksi değerinin ise C örneğine (-111,92 g.s) ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17).

Depolama süresince viskozite indeksi değerleri 21. günde (-126,33 g.s) yüksek ve 1. günde (-104,72 g.s) düşük olarak belirlenmiştir. Viskozite, sıklık, konsistens ve iç yapışkanlık parametreleri ile korelasyon göstererek depolama boyunca artmıştır (Çizelge 4.17).

Fermente süt ürünlerinin stabilite ve tekstür gibi teknolojik özelliklerinin, ilave edilen probiyotik bakterilerin fermentasyon kinetiğinden etkilendiği belirtilmektedir. Özellikle

L. paracasei gibi bazı suşların yapıdaki serbest suyu bağlayan, emülgatör ve stabilizatör etkisine sahip EPS üretme yeteneği ile tekstürü geliştirdiği Pimentel vd. (2012) tarafından tespit edilmiştir. EPS'nin protein matriksini güçlendirerek benzer etkiye sahip olduğu farklı çalışmalar tarafından da açıklanmaktadır (Han vd., 2016; Chand vd., 2021).

Fermente süt örneklerinin tekstürel parametrelerine ait değişimler Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Fermente süt örneklerinin depolama süresince tekstürel parametrelerine ait değişim grafiği a) sıklık; b) konsistens; c) iç yapışkanlık; d) viskozite indeksi

4.1.8. Amino asit bileşimi

Fermente süt teknolojisinin geliştirilmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmı, starter kültürlerin çeşitlendirilmesine yönelik araştırmaları kapsamaktadır (Sodini vd., 2002; Nami vd., 2018; Hu vd., 2019). Kullanılan kültürler, laktozun laktik aside dönüştürülmesi, aroma oluşumu ve protein metabolizması ile peptitleri oluşturma potansiyellerine göre seçilmektedir. Peptit fraksiyonları, tat oluşumu ve biyolojik aktivite ile olan ilişkileri nedeni ile teknolojik öneme sahiptir (Bhat vd. 2015; Abd El-Fattah vd., 2016).

Süt ve fermantasyon endüstrilerinde genellikle proteolitik özellik de gösteren laktik asit bakterileri, temel bakteri starterleri veya yardımcı kültürler olarak önemli bir yere sahiptirler. Proteolitik sistemlerde, hücre zarı proteinazı ve peptit taşıyıcıları süt proteinlerinden peptitlerin ve amino asitlerin oluşumunu sağlayan farklı peptidazlardan oluşmaktadır. Son yıllarda, proteolitik LAB suşlarının, yapılarına ve amino asit dizilerine bağlı olarak farklı fizyolojik aktivitelerde biyoaktif peptitleri sentezleyebilme kapasitesine sahip oldukları belirtilmektedir. Ayrıca, proteolitik LAB suşları, fermantasyon sırasında kazeinin hidrolizi ile süt ve süt ürünlerinin alerjenitesini azaltmakta ve proteolitik sistemleri sayesinde süt ürünlerindeki proteinin sindirilebilirliğini geliştirmektedir (Loghman vd., 2022; Garavand vd., 2023).

Vücut için gerekli protein yapılarının monomerleri olan amino asitler, nükleik asitlerin azotlu bazlarının, hormonların ve diğer biyolojik olarak aktif bileşiklerin sentezinde yer almaktadır. Amino asitler esansiyel ve esansiyel olmayan olarak sınıflandırılmaktadır. Esansiyel olmayan amino asitler vücutta metabolizma sırasında diğer amino asitlerden sentezlenirken, esansiyel amino asitlerin biyosentezlerini kodlayan genlerin eksikliği nedeni ile sentezlenememektedir. Bu amino asitler simbiyotik mikrobiyota tarafından oluşturulmakta veya yiyecekler ile birlikte vücuda alınmaktadır. Yetişkin bireyler için, fenilalanin, valin, treonin, triptofan, izolösin, metiyonin, lösin ve lisin, çocuklar için ise histidin ve arjinin esansiyel amino asitlerdendir (Rozhkova vd., 2023).

Fermantasyonda proteolitik aktivite artışının, hücre lizizi nedeni ile açığa çıkan hücre içi peptidazlardan kaynaklandığı bildirilmektedir (Chang vd., 2014; Rodriguez-Serrano vd., 2018; Hafeez vd., 2019; Hu vd., 2021).

Fermente süt örneklerinin amino asit içeriği ve miktarındaki değişiklikler incelenmiş ve örneklere ait amino asit düzeyleri Çizelge 4.18a, b, c’de verilmiştir.

Amino asitlerden arjinin miktarı, 2029,20-944,89 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama arjinin miktarları, 1. günde 1909,16 mg/kg ve 21. günde ise 1643,07 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Serin miktarı, 333,03-170,77 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama serin miktarları 1. günde 244,04 mg/kg ve 21. günde ise 222,93 mg/kg olarak saptanmıştır. Glisin amino asidi, 351,77-151,11 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama miktarının, 1. günde 197,63 mg/kg ve 21. günde ise 218,63 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Alanin, 166,79-6,04 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama alanin miktarlarının depolama süresi sonunda azaldığı belirlenmiştir (1. günde 51,85 mg/kg, 21. günde 34,81 mg/kg). Prolin, 428,78-24,73 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama, 1. günde 156,90 mg/kg ve 21. günde ise 188,73 mg/kg olarak belirlenmiştir. Valin miktarı 692,75-539,46 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama valin miktarlarının, 1. günde 635,10 mg/kg ve 21. günde 620,02 mg/kg olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.18a).

Treonin, 291,77-43,84 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama treonin miktarlarının depolama sonunda azaldığı tespit edilmiştir (1. günde 202,48 mg/kg ve 21. günde 138,00 mg/kg). Örneklerin metiyonin miktarı 1069,97-191,30 mg/kg arasında değişmiştir. Depolama süresinin sonunda ortalama metiyonin miktarlarının ~ %59 oranında azaldığı belirlenmiştir (1. günde 664,98 mg/kg ve 21. günde 393,43 mg/kg). İzolösin, 878,26-84,19 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama izolösin miktarlarının ise, 476,21 mg/kg ile 1. günde ve 536,45 mg/kg ile ise 21. günde olduğu saptanmıştır. Lösin, 1315,16-174,78 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama lösin miktarlarının, 1. günde 754,18 mg/kg ve 21. günde ise 416,81 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Fenilalanin, 287,34-8,03 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama fenilalanin düzeyleri 1. günde 158,12 mg/kg ve 21. günde ise 164,43 mg/kg olarak belirlenmiştir. Tirozin, 1143,44-378,46 mg/kg arasında değişmiştir.

Tirozin miktarlarında depolama sonunda genel olarak önemli bir değişiklik olmadığı saptanmıştır (1. günde 635,98 mg/kg ve 21. günde 627,56 mg/kg) (Çizelge 4.18b).

Aspartik asit, 19,81-0,68 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama miktarlarının 1. günde 10,02 mg/kg ve 21. günde ise 3,32 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Glutamik asit, 0,77-0,02 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama glutamik asit miktarları, 1. günde 0,27 mg/kg ve 21. günde ise 0,54 mg/kg saptanmıştır. Histidin, 6,69-0,06 mg/kg arasında değişmiştir. 1. günde 1,37 mg/kg ve 21. günde ise 3,67 mg/kg olarak belirlenmiştir. Lisin miktarı, 2,44-0,15 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama lisin miktarları incelendiğinde, 1. günde 1,07 mg/kg ve 21. günde ise 0,88 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Triptofan, 4,06-0,77 mg/kg arasında değişmiştir. Triptofan miktarlarının ortalama 1. günde 1,30 mg/kg ve 21. günde ise 2,67 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. GABA (γ -aminobütirik asit) amino asidi 15,57-1,84 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama GABA miktarlarının, 1. günde 7,15 mg/kg ve 21. günde ise 5,52 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Sistein, 0,36-0,11 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama sistein miktarlarının, 1. günde 0,16 mg/kg ve 21. günde ise 0,19 mg/kg olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.18c).

LAB'den sentezlenen proteazların ve peptidazların, süt ürünlerinde fermentasyon ve depolama süresi boyunca aktif olduğu bildirilmiştir (Shihata & Shah, 2000; Yang vd., 2012; Farahat & El-Batawy, 2013). Fermente süt ürünlerinde bu bakterilerin proteolitik aktiviteleri, ürünlerin matriks yapılarını ve besleyici özelliklerini etkilemenin yanı sıra fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Moslehishad vd., 2013; Abd El Fattah vd., 2016). Proteolitik aktivite ile serbest kalan peptitler ve amino asitler, aroma bileşiklerinin ve/veya katabolik reaksiyonların öncü bileşenlerindendir. Fermente sütte meydana gelen proteolizin, proteinlerin parçalanması yolu ile aroma gelişimi ve tekstürün iyileştirilmesinde de önemli rolü olduğu belirtilmektedir (Li vd., 2019a).

Fermente süt örneklerinin amino asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19a, b, c'de verilmiştir. Örneklerin belirlenen tüm amino asit miktarları, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18a. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Arjinin (mg/kg)		Serin (mg/kg)		Glisin (mg/kg)		Alanin (mg/kg)		Prolin (mg/kg)		Valin (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
C	1790,73	1939,26	197,43	193,81	181,62	172,43	12,57	7,61	87,62	159,44	613,27	539,46
FMB	2029,20	1880,63	235,14	194,10	154,90	161,07	21,97	7,73	86,46	209,12	589,18	638,18
FMP	1892,53	1807,49	228,45	333,03	151,11	351,77	6,04	113,76	24,73	274,08	645,21	692,23
FMR	1924,28	944,89	315,17	170,77	302,90	189,23	166,79	10,15	428,78	112,27	692,75	610,19
Minimum	1790,73	944,89	197,43	170,77	151,11	161,07	6,04	7,61	24,73	112,27	589,18	539,46
Maksimum	2029,20	1939,26	315,17	333,03	302,90	351,77	166,79	113,76	428,78	274,08	692,75	692,23
Ortalama	1909,19	1643,07	244,04	222,93	197,63	218,63	51,85	34,81	156,90	188,73	635,10	620,02

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.18b. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Treonin (mg/kg)		Metiyonin (mg/kg)		İzolösin (mg/kg)		Lösin (mg/kg)		Fenilalanin (mg/kg)		Tirozin (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
C	285,95	229,37	539,47	442,66	438,87	650,26	626,76	275,40	32,26	284,15	378,46	639,18
FMB	291,77	43,84	1069,97	191,30	552,39	84,19	1315,16	672,15	287,34	276,17	1143,44	549,67
FMP	178,41	56,96	707,81	374,69	381,81	533,07	572,72	544,91	165,04	89,37	570,56	688,98
FMR	53,81	221,83	342,68	565,10	531,78	878,26	502,06	174,78	147,83	8,03	451,45	632,40
Minimum	53,81	43,84	342,68	191,30	381,81	84,19	502,06	174,78	32,26	8,03	378,46	549,67
Maksimum	291,77	229,37	1069,97	565,10	552,39	878,26	1315,16	672,15	287,34	284,15	1143,44	688,98
Ortalama	202,48	138,00	664,98	393,43	476,21	536,45	754,18	416,81	158,12	164,43	635,98	627,56

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.18c. Fermente süt örneklerine ait amino asit içeriklerindeki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Aspartik Asit (mg/kg)		Glutamik Asit (mg/kg)		Histidin (mg/kg)		Lisin (mg/kg)		Tryptofan (mg/kg)		GABA (mg/kg)		Sistein (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
C	8,59	7,75	0,02	0,77	0,06	0,92	0,15	0,32	1,29	1,53	6,49	2,69	0,11	0,36
FMB	8,59	3,78	0,24	0,54	0,39	4,07	0,93	0,84	2,07	1,16	1,84	3,11	0,19	0,14
FMP	19,81	1,07	0,51	0,52	1,60	6,69	0,77	0,15	0,77	3,93	4,71	11,53	0,16	0,14
FMR	3,09	0,68	0,32	0,32	3,42	2,99	2,44	2,20	1,05	4,06	15,57	4,74	0,16	0,11
Minimum	3,09	0,68	0,02	0,32	0,06	0,92	0,15	0,15	0,77	1,16	1,84	2,69	0,11	0,11
Maksimum	19,81	7,75	0,51	0,77	3,42	6,69	2,44	2,20	2,07	4,06	15,57	11,53	0,19	0,36
Ortalama	10,02	3,32	0,27	0,54	1,37	3,67	1,07	0,88	1,30	2,67	7,15	5,52	0,16	0,19

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Amino asit düzeylerinin LSD testi sonuçları incelendiğinde, örnek çeşidinde en yüksek arjinin miktarının 1954,92 mg/kg ile FMB örneğine ve daha düşük arjinin miktarının ise 1434,49 mg/kg ile FMR örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Örneklerin serin miktarı en yüksek 280,74 mg/kg ile FMP örneğinde ve en düşük ise 195,62 mg/kg ile C örneğinde saptanmıştır (Çizelge 4.19a).

Glisin, kolajenin bir bileşenidir ve serbest formda, beyin ve omuriliğin bazı kısımlarında inhibitör bir nörotransmitter olarak kullanılmaktadır (Rozhkova vd., 2023). Glisin miktarının en yüksek değerinin 251,44 mg/kg ile FMP örneği ve en düşük değerinin ise 157,98 mg/kg ile FMB örneğinde olduğu saptanmıştır. Alanin miktarının en yüksek değerinin 88,47 mg/kg ile FMR örneğinde ve en düşük değerinin ise 10,09 mg/kg ile C örneğine ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19a).

Örneklerin, en yüksek prolin miktarının 270,53 mg/kg ile FMR örneği ve en düşük prolin miktarının ise 123,53 mg/kg ile C örneğinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek valin değerinin 668,72 mg/kg ile FMP örneğine ve en düşük ise 576,37 mg/kg ile C örneğine ait olduğu saptanmıştır. Örneklerin, en yüksek treonin miktarının, 257,66 mg/kg ile C örneğine ve en düşük ise 117,69 mg/kg ile FMP örneğine ait olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 4.19a).

Metiyonin miktarı, 630,63 mg/kg ile FMB örneğinde yüksek ve 453,89 mg/kg ile FMR örneğinde düşük olarak tespit edilmiştir. İzolösinin yüksek değeri, 705,02 mg/kg ile FMR örneği ve en düşük değerinin ise 318,29 mg/kg ile FMB örneğinde olduğu saptanmıştır. En yüksek lösün miktarının, 993,66 mg/kg ile FMB örneği ve en düşük ise 338,42 mg/kg ile FMR örneğine ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19b).

Fenilalanin miktarı 281,76 mg/kg ile FMB örneğinde yüksek ve en düşük ise 77,93 mg/kg ile FMR örneğinde saptanmıştır. Tirozin miktarının en yüksek, 846,55 mg/kg ile FMB örneği ve en düşük ise 508,82 mg/kg ile C örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Aspartik asit miktarının en yüksek 10,44 mg/kg ile FMP örneği ve en düşük ise 1,89 mg/kg ile FMR örneğinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19b).

Glutamik asit, en yüksek 0,51 mg/kg ile FMP örneğinde ve daha düşük olarak 0,32 mg/kg ile FMR örneğinde tespit edilmiştir. Histidin miktarının en yüksek değeri 4,14 mg/kg ile FMP ve en düşük ise 0,49 mg/kg ile C örneğinde belirlenmiştir. Lisin en yüksek 2,32 mg/kg ile FMR örneği ve en düşük 0,23 mg/kg ile C örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.19c).

Triptofan, nörotransmitter işlevi gören, sinir sistemi ve bireylerin ruhsal davranışından sorumlu olan serotoninin öncüsüdür (Rozhkova vd., 2023). Triptofan miktarı en yüksek 2,55 mg/kg ile FMR örneği ve en düşük ise 1,41 mg/kg ile C örneğinde belirlenmiştir. Yüksek GABA miktarı 10,16 mg/kg ile FMR örneğinde ve düşük GABA miktarı ise 2,48 mg/kg ile FMB örneğinde saptanmıştır. En yüksek sistein miktarının 0,24 mg/kg ile C ve daha düşük ise FMB (0,17 mg/kg), FMP (0,15 mg/kg) ve FMR (0,14 mg/kg) örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19c).

Depolama sonunda, glisin, prolin, izolösin, fenilalanin, glutamik asit, histidin, triptofan ve sistein değerlerinin arttığı, arjinin, serin, alanin, valin, treonin, metiyonin, lösin, tirozin, aspartik asit, lisin ve GABA değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.19a, b, c).

Laktik kültürlerin gelişimleri sırasında bazı amino asitlerin substrat olarak kullanılmaları nedeni ile fermente ürünlerdeki serbest amino asit konsantrasyonlarının azalabileceği Gu vd. (2021) tarafından belirtilmektedir. LAB'nin proliferasyonu ile süt proteinlerinin hidrolizasyonu ve serbest amino gruplarının oluşturulması, bu bakterilerin karmaşık proteolitik sistemlerine bağlıdır. Fermente sütte proteolizin, bakteriyel proteazların etkisi ile polipeptitler ve oligopeptitlerin oluşturulması, peptidazların etkisi ile de serbest amino asitlerin ve daha küçük peptitlerin oluşturulması süreçlerini içerdiği belirtilmektedir (Li vd., 2019a).

Fermente süt örneklerinin toplam amino asit miktarlarına ait sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir. En düşük toplam amino asit miktarı FMR örneğinin 21. gününde (4533,01 mg/kg) ve en yüksek toplam amino asit miktarı ise FMR örneğinin 1. gününde (5886,33

mg/kg) bulunmuştur. Dönemler arasındaki en düşük değişimin FMP örneğinde (+ pozitif) ve en yüksek değişimin ise FMB örneğinde (- negatif) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19a. Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Arjinin (mg/kg)	Serin (mg/kg)	Glisin (mg/kg)	Alanin (mg/kg)	Prolin (mg/kg)	Valin (mg/kg)	Treonin (mg/kg)
C	6	1864,99 ^b	195,62 ^d	177,03 ^c	10,09 ^d	123,53 ^d	576,37 ^d	257,66 ^a
FMB	6	1954,92 ^a	214,62 ^c	157,98 ^d	14,85 ^c	147,79 ^c	613,68 ^c	167,80 ^b
FMP	6	1850,01 ^c	280,74 ^a	251,44 ^a	59,90 ^b	149,41 ^b	668,72 ^a	117,69 ^d
FMR	6	1434,59 ^d	242,97 ^b	246,07 ^b	88,47 ^a	270,53 ^a	651,47 ^b	137,82 ^c
Depolama Süresi (Gün)								
1	12	1909,187 ^a	244,04 ^a	197,63 ^b	51,85 ^a	156,90 ^b	635,10 ^a	202,48 ^a
21	12	1643,068 ^b	222,93 ^b	218,63 ^a	34,81 ^b	188,73 ^a	620,02 ^b	138,00 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.19b. Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Metiyonin (mg/kg)	İzolösin (mg/kg)	Lösin (mg/kg)	Fenilalanin (mg/kg)	Tirozin (mg/kg)	Aspartik Asit (mg/kg)
C	6	491,07 ^c	544,56 ^b	451,08 ^c	158,21 ^b	508,82 ^d	8,17 ^b
FMB	6	630,63 ^a	318,29 ^d	993,66 ^a	281,76 ^a	846,55 ^a	6,19 ^c
FMP	6	541,25 ^b	457,44 ^c	558,82 ^b	127,21 ^c	629,77 ^b	10,44 ^a
FMR	6	453,89 ^d	705,02 ^a	338,42 ^d	77,93 ^d	541,92 ^c	1,89 ^d
Depolama Süresi (Gün)							
1	12	664,98 ^a	476,21 ^b	754,18 ^a	158,12 ^b	635,98 ^a	10,02 ^a
21	12	393,43 ^b	536,45 ^a	416,81 ^b	164,43 ^a	627,56 ^b	3,32 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.19c. Fermente süt örneklerinin amino asit düzeylerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Glutamik Asit (mg/kg)	Histidin (mg/kg)	Lisin (mg/kg)	Triptofan (mg/kg)	GABA (mg/kg)	Sistein (mg/kg)
C	6	0,39 ^b	0,49 ^d	0,23 ^d	1,41 ^d	4,59 ^c	0,24 ^a
FMB	6	0,39 ^b	2,23 ^c	0,89 ^b	1,62 ^c	2,48 ^d	0,17 ^b
FMP	6	0,51 ^a	4,14 ^a	0,46 ^c	2,35 ^b	8,12 ^b	0,15 ^b
FMR	6	0,32 ^c	3,20 ^b	2,32 ^a	2,55 ^a	10,16 ^a	0,14 ^b
Depolama Süresi (Gün)							
1	12	0,27 ^b	1,37 ^b	1,07 ^a	1,30 ^b	7,15 ^a	0,16 ^b
21	12	0,54 ^a	3,67 ^a	0,88 ^b	2,67 ^a	5,52 ^b	0,19 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.20. Fermente süt örneklerinde toplam amino asit düzeylerine ait değişim

Fermente												
Süt	C			FMB			FMP			FMR		
Örnekleri												
Depolama Süresi (Gün)	1	21	Değişim	1	21	Değişim	1	21	Değişim	1	21	Değişim
ΣAmino asit (mg/kg)	5200,76	5547,35	+346,59	7791,49	4921,78	-2869,71	5555,77	5884,37	+328,60	5886,33	4533,01	-1353,32
C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + <i>L. brevis</i> , FMP: Yoğurt kültürü + <i>L. paracasei</i> , FMR: Yoğurt kültürü + <i>L. rhamnosus</i>												

Gu vd. (2021), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. paracasei*, *L. acidophilus*, *L. rhamnosus* ve *B. lactis*'in farklı kombinasyonları kullanılarak üretilen yoğurtların toplam serbest amino asit içeriğinin, pastörizasyon sonrası protein denatürasyonu ve fermantasyon sırasında LAB'nin proteolitik özellikleri ile önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca tüm yoğurt örneklerinde dallanmış zincirli, esansiyel ve aromatik amino asit konsantrasyonlarının arttığı da saptanmıştır. Yoğurt örneklerinde toplam serbest amino asit miktarının depolama süresince arttığı ve bu artışın LAB'nin proteoliz ve otolizi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

Santiago-Lopez vd. (2018), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *L. paracasei*'nin glutamini γ -aminobütirik aside dönüştürebilen yüksek glutamat dekarboksilaz aktivitelerinin olduğunu bildirmektedir. Gu vd. (2020), arjininin, heterofermentatif *Lactobacillus* spp.'nin gelişmesinde enerji kaynağı olduğunu ve bu nedenle *L. paracasei* içeren yoğurtta arjininin katabolize edilmesi ile daha düşük düzeylerde tespit edildiğini saptamışlardır.

L. casei ve *L. brevis* kullanılarak üretilen fermente sütlerde arjinin, lösin, triptofan ve tirozin gibi amino asitlerin LAB'nin gelişimini etkilediği ve fermantasyon sırasında *L. brevis*'in yüksek gelişme oranının bu amino asitlere bağlı olduğu Fan vd. (2022) tarafından belirtilmektedir.

Serbest amino asitler genellikle sütün fermantasyonunda, proteolizin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Sağlığı geliştiren fonksiyonlarının yanı sıra serbest amino asitler, yoğurtta, özellikle aromatik amino asitler (fenilalanin, tirozin ve triptofan) ve dallanmış zincirli amino asitler (valin, lösin ve izolösin) dahil olmak üzere aldehitler, aminler, alkoller vb. gibi çok çeşitli aroma bileşenlerine metabolize edilebilmektedir (Chen vd., 2017).

Garavand vd. (2023) *L. paracasei* subsp. *paracasei* ve farklı prebiyotik içeren fermente sütlerin, yüksek oranda serbest amino asit içeriğine sahip olduğunu ve bunun süte uygulanan ısı işlemi ile protein denatürasyonu ve fermantasyon sırasında LAB'nin proteolitik aktivitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Sütte fermentasyon öncesi ve sonrasında glutamik asit ve metiyonin dışındaki serbest amino asit konsantrasyonlarının, fermentasyon ile arttığı belirtilmektedir. Glutamik asit içeriğindeki azalmanın çoğunlukla, LAB'nin yüksek glutamat dekarboksilaz aktivitesi nedeni ile γ -aminobütirik asit sentezinde temel bileşen olarak kullanılmasına bağlı olduğu Chen vd. (2018) ve Garavand vd. (2023) tarafından bildirilmiştir.

Metabolik hastalıkların, bağırsak ve nörolojik fonksiyon bozukluklarının, viral hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde temel metabolik yolları düzenleyen fonksiyonel amino asitlerden lösin, GABA ve prolin içeriğinin fermentasyon sırasında arttığı tespit edilmiştir (Wu, 2013; Garavand vd., 2023).

Sistein, glutamik asit, metiyonin, lösin ve prolin fonksiyonel amino asitler olarak sınıflandırılmaktadır (Wu, 2009). Besinsel özellikleri açısından değerlendirildiğinde, yoğurtlarda yüksek oranda bulunan kısa zincirli ve karakteristik amino asitlerin, istenilen aromanın oluşmasının yanı sıra, sindirimin iyileştirilmesi gibi terapötik özellikler sağlayabileceği de Gu vd. (2021) tarafından belirtilmektedir.

Probiyotik bakterileri içeren örneklerde arjinin miktarının düşük olmasının, heterofermentatif olan *L. paracasei* ve *L. rhamnosus*'un çoğalmaları için arjinin katabolizması sonucunda oluşan enerjiye ihtiyaç duyması nedeni ile olabileceği Laht vd. (2002) tarafından bildirilmiştir.

LAB'nin proteolitik özellikleri farklılık göstermektedir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus*'un peptitlerden prolin oluşturabilen peptidazlara sahip olduğu, *L. paracasei*'nin ise benzer enzimlere sahip olmadığı gibi aynı zamanda prolin katabolizmasından elde edilen enerjiye de ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (Christensen vd., 1999).

4.1.9. Organik asit bileşimi

Organik asitler COOH- grubu içeren karboksilik asitler olarak da tanımlanmaktadır (Walait vd., 2022). LAB, karbonhidratların degradasyonu ile son ürün olarak laktik asit, asetik asit, sitrik asit, süksinik asit, propiyonik asit vb. gibi organik asitleri üretmektedirler (Rattanachaikunsopon & Phumkhachorn, 2010). Üretilen organik asitlerin miktarı ve çeşidi, mikroorganizma türüne, kültür ortamının bileşimine ve inkübasyon koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ozcelik vd., 2016).

Organik asitler, hücre içi pH'yı düşürmekte, hücrel adenozin trifosfatın (ATP) tüketimi ile protonların aktif taşınmasını engelleyerek patojen hücrelerin inhibisyonunu sağlamaktadır (Ricke, 2003; Nair vd., 2017).

Fermente süt örneklerinin organik asit bileşiklerinden oksalik, formik, laktik, sitrik, süksinik, fumarik, ürik, pirüvik ve orotik asit miktarları mg/kg olarak tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.21a, b'de verilmiştir.

Örneklerin oksalik asit içeriğinin 1,58-3,57 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerlerinde ise, oksalik asit içeriği 1. günde 3,01 mg/kg ve 21. günde 2,28 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21a).

Formik asit, 162,96-332,95 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama değerleri açısından formik asit miktarının depolama süresinin 1. gününde 230,33 mg/kg ve depolama süresinin 21. gününde ise 197,76 mg/kg olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21a).

Örneklerin laktik asit içeriğinin 27,40-271,42 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Depolama süresince laktik asit içeriği 96,27 mg/kg ile 1. günde ve 149,96 mg/kg ile 21. günde tespit edilmiştir (Çizelge 4.21a).

Sitrik asit 24,24-83,99 mg/kg arasında değişmiştir. Örneklerin ortalama sitrik asit miktarlarının 61,78 mg/kg ile 1. günde ve 33,84 mg/kg ile 21. günde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.21a).

Süksinik asit miktarları 117,29-545,52 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama süksinik asit değerlerinin depolama başında 339,47 mg/kg ve depolama sonunda ise 153,44 mg/kg olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.21a).

Örneklerin fumarik asit miktarları 0,17-0,29 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama fumarik asit miktarları depolama süresinin 1. gününde 0,19 mg/kg ve 21. gününde ise 0,21 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.21b).

Ürik asit, 144,46-557,53 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama ürik asit miktarları depolama süresinin 1. gününde 263,13 mg/kg ve 21. gününde ise 169,89 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21b).

Pirüvik asit miktarının, 3,97-40,22 mg/kg arasında değiştiği, ortalama olarak depolama süresinin 1. gününde 19,19 mg/kg ve 21. gününde ise 22,52 mg/kg olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.21b).

Orotik asit, 21,11-60,37 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama değerlerde orotik asit miktarının depolama sonunda arttığı tespit edilmiştir (1 gününde 34,85 mg/kg ve 21. gününde 48,03 mg/kg) (Çizelge 4.21b).

Çizelge 4.21a. Fermente süt örneklerinin organik asit miktarlarındaki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Oksalik Asit (mg/kg)		Formik Asit (mg/kg)		Laktik Asit (mg/kg)		Sitrik Asit (mg/kg)		Süksinik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
C	2,75	2,62	205,62	243,84	113,15	67,12	49,14	24,24	200,81	117,29
FMB	3,30	1,58	332,95	162,96	183,07	271,42	58,82	36,34	466,76	211,61
FMP	3,57	2,21	196,30	165,83	61,44	116,18	83,99	33,93	545,52	139,76
FMR	2,41	2,73	186,45	218,41	27,40	145,14	55,15	40,86	144,79	145,09
Minimum	2,41	1,58	186,45	162,96	27,40	67,12	49,14	24,24	144,79	117,29
Maksimum	3,57	2,73	332,95	243,84	183,07	271,42	83,99	40,86	545,52	211,61
Ortalama	3,01	2,28	230,33	197,76	96,27	149,96	61,78	33,84	339,47	153,44

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.21b. Fermente süt örneklerinin organik asit miktarlarındaki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Fumarik Asit (mg/kg)		Ürik Asit (mg/kg)		Pirüvik Asit (mg/kg)		Orotik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21
C	0,19	0,29	177,24	160,34	40,22	20,85	53,21	60,37
FMB	0,18	0,19	144,46	184,08	5,68	11,00	26,72	29,73
FMP	0,17	0,18	557,53	161,97	3,97	21,33	21,11	46,57
FMR	0,22	0,19	173,31	173,18	26,88	36,89	38,35	55,44
Minimum	0,17	0,18	144,46	160,34	3,97	11,00	21,11	29,73
Maksimum	0,22	0,29	557,53	184,08	40,22	36,89	53,21	60,37
Ortalama	0,19	0,21	263,13	169,89	19,19	22,52	34,85	48,03

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Fermente süt örneklerinin organik asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Örneklerin organik asit içeriği sonuçlarına göre oksalik, formik, laktik, sitrik, süksinik, ürik, pirüvik ve orotik asit miktarları örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Fumarik asit miktarı ise örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonu açısından önemsiz olarak belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Organik asitler, fermente süt ürünlerinin yapısından, duysal özelliklerine kadar birçok kalite parametresini etkileyen doğal koruyucular olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşikler, LAB metabolizmasının yanı sıra (laktik, asetik, propiyonik, pirüvik ve formik asit), süt üretimi sırasında hayvan metabolizmasından (sitrik, orotik ve ürik asitler), proses teknolojilerinden ve raf ömrü süresince süt yağının hidrolizasyonundan (bütirik asit) kaynaklanabilmektedir (Venica vd., 2014; Garavand vd., 2023).

Fermente süt örneklerinin organik asit içeriği LSD testi sonuçlarına göre, oksalik asit miktarı en yüksek, FMP rneğinde (2,89 mg/kg) ve daha düşük ise FMB (2,44 mg/kg) ve FMR (2,57 mg/kg) rneklerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Hassan vd. (2023) geleneksel süt ürünlerinden izole edilen *Lactocaseibacillus* suşlarının oluşturduğu laktik, tartarik, oksalik ve süksinik asit miktarlarının asetik, bütirik, malik ve propiyonik asit miktarlarına kıyasla tüm fermentasyon ortamlarında daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Formik asit, en yüksek FMB (247,96 mg/kg), en düşük FMP rneğinde (181,07 mg/kg) saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Laktik asit, homofermentatif LAB tarafından üretilen temel organik asittir (Zalán vd., 2010; da Costa vd., 2018). Laktik asit miktarı, en yüksek FMB (227,25 mg/kg) ve en düşük ise FMR rneęinde (86,27 mg/kg) belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Probiyotik fermente süt ve yoğurtlar arasında laktik ve asetik asit konsantrasyonlarında önemli farklılıklar olduğu, ancak depolama süresince çok fazla değişiklik oluşturmadığı

belirtilmiştir. Örneklerin ürik/formik asit içeriklerinin fermentasyon sırasında arttığı, ancak depolama süresi boyunca sabit kaldığı Torre vd. (2003) tarafından bildirilmiştir.

Homofermentatif LAB suşları, fermentasyon sırasında sadece laktik asit üretirken, heterofermentatif özellikteki LAB' i laktik asit, asetik asit, alkol, karbondioksit, formik asit, aseton, asetaldehit ve diasetil gibi çeşitli bileşikler üretebilen yeteneğine sahiptirler. *L. brevis*' in heterofermantasyon yolu ile simbiyotik yoğurtta laktik asit ve asetik asit ürettiği Falah vd. (2021) tarafından belirlenmiştir.

Geleneksel ticari kültüre ek olarak *L. paracasei* ile üretilen fermente sütlerin laktik asit miktarının depolama sırasında arttığı Kristo vd. (2003) tarafından bildirilmiştir. Fermente süt üretiminde, *L. paracasei* subsp. *paracasei* kullanımı ile toplam organik asit içeriğinin önemli ölçüde etkilenmediği bildirilmiştir. Tespit edilen organik asitlerden laktik asitin yüksek konsantrasyonlarda olduğu Garavand vd. (2023) tarafından saptanmıştır.

Yoğurtta yardımcı kültür olarak *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *L. casei* kullanıldığında, laktik asit konsantrasyonlarının, sitrik asit ve asetik asit miktarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm yoğurt örneklerinde depolama süresince laktik asit miktarlarının arttığı ve yoğurtların post-asidifikasyon özellikleri ile orantılı olduğu saptanmıştır. *L. casei* içeren yoğurdun diğer örneklerle göre daha fazla laktik asit içeriğine sahip olduğu da saptanmıştır. *L. casei*' nin heksozlardan laktik asit üretebilme yeteneklerinin diğer bakterilere oranla daha iyi olmasının bu duruma neden olduğu belirtilmektedir (Tian vd., 2017).

Örneklerin sitrik asit miktarı, en yüksek FMP (58,96 mg/kg) ve en düşük ise C örneğinde (36,69 mg/kg) belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Sitrik asit, taze sütte bulunan ve sütün ferahlatıcı tadını oluşturan bir organik asittir. LAB ile sütün fermentasyonu sırasında yoğurdun istenilen aromasının oluşturulmasında, diasetil ve asetoin bileşiklerinin üretiminde temel öncül bileşen olduğu da belirtilmiştir (Garavand vd., 2023).

Asetat birçok fermente süt ürününün lezzet gelişimi için önemlidir ve bu bileşen sitrat metabolizması ile bağlantılıdır (Torino vd., 2005). Zalan vd. (2010) başlangıçtaki sitrat

konsantrasyonunun, fermentasyon sonundaki sitrat konsantrasyonundan daha yüksek olduğunu belirtirken, sitrat kullanımı ve asetat üretimi arasında korelasyon olduğu sonucuna varmışlardır. MRS ve yer elması ile hazırlanan besiyeri ortamında *L. plantarum* 01, *L. paracasei* 05 ve *L. paracasei* SF1'in homofermentatif asit profili gösterdiği ancak, yağsız süt ortamında, fermentasyon şeklinin homolaktikten, karışık asit profiline değiştiği ve bu durumun sütteki sitratın kullanımı ile bağlantılı olduğunu açıklamışlardır (Torino vd., 2005).

L. paracasei subsp. *paracasei* içeren fermente süt örneklerinin sitrik asit miktarlarında farklılıklar olduğu ve simbiyotik olmayan fermente süt örneklerinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu Garavand vd. (2023) tarafından saptanmıştır.

Süksinik asidin, en yüksek değerlerinin FMP (342,64 mg/kg) ve FMB (339,18 mg/kg) örneklerinde ve en düşük değerinin ise FMR (144,94 mg/kg) örneğinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Süksinik asit, trikarboksilik asit (TCA) döngüsünün ara ve fermentasyonun son ürünü olarak oluşmaktadır (Beauprez vd., 2010). Fermentasyondan sonra üründe süksinik asidin bulunmasının, *Lactobacillus* spp.'nin sitrat kullanımı ile de açıklanabileceği belirtilmiştir (Torino vd., 2005; Zalan vd., 2010). Oksaloasetat dekarboksilaz eksikliğinde sitrat, süksinik asit yolu ile de üretilmektedir (Axelsson, 1998).

Fermente süt örneklerinin, fumarik asit konsantrasyonları tüm örneklerde önemli farklılıklara neden olmamıştır ve farklı otokton kültür kullanımının fumarik asit konsantrasyonunu etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* fumarik asidi, süksinik aside metabolize etmektedir. Fermentasyon sırasında da *S. thermophilus*'un fumarik asit üretme yeteneğine sahip olduğu ve fumarik asidin simbiyotik bir bileşen olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ortama ilave edilen fumarik asidin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarının gelişimlerini uyararak fermentasyon süresini kısalttığı saptanmıştır. *L. reuteri* (Kaneuchi vd., 1988), *L. casei*, *L. helveticus*, *L. acidophilus* (Morishita & Yajima, 1995) ve *L. plantarum*'un (Dudley &

Steele, 2005; Tsuji vd., 2013), fumarik asidi, süksinik aside metabolize edebildiği ve bu metabolik özelliğin bir çok *Lactobacillus* spp.'de olduğu da belirtilmiştir (Yamamoto vd., 2021).

Ürik asit, ineklerin ruminal metabolizmasında üretilmektedir. Süt ineklerinin meme bezlerinden süte geçen, yüksek antioksidan özellik gösteren metabolit olarak kabul edilmektedir (Mi vd., 2018). Fermente süt örneklerinin ürik asit konsantrasyonu, en yüksek FMP (359,75 mg/kg) ve en düşük ise FMB örneğinde (164,27 mg/kg) belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Geleneksel ticari kültüre ek olarak *L. paracasei* ile üretilen fermente sütlerin ürik asit miktarının kontrol örneğine benzer ve depolama sırasında değişiklik olmadığı Kristo vd. (2003) tarafından saptanmıştır. *L. helveticus* ile üretilen sütlerde fermantasyonun 8-48. saatleri arasında ürik asit konsantrasyonunda önemli bir artış olduğu ve bu artışın, hammadde ye ek olarak *L. helveticus*'un fermentatif aktivitesinden kaynaklandığı Mi vd. (2018) tarafından tespit edilmiştir.

Fermente sütlerde ürik asit, ksantin, urasil ve pürin nükleotidi ve diğer metabolitlerin tespit edildiği bu metabolitlerden, ksantin, ksantin oksidaz enzimi ile ürik asit oluşturmak üzere katalize edildiği, bu nükleotitle ilgili bileşiklerin seviyelerindeki artışın, fermantasyon sürecinde starter bakterilerin aktif metabolizması ile açıklanabileceği Peng vd. (2021) tarafından belirtilmektedir.

Pirüvik asit miktarının, en yüksek değerleri FMR (31,89 mg/kg) ve C (30,53 mg/kg) örneklerinde, en düşük değeri ise FMB örneğinde (8,34 mg/kg) saptanmıştır (Çizelge 4.22).

L. brevis ve *L. casei* kullanılarak üretilen probiyotik yoğurtlarda, *L. brevis*'in L-Glutamik asit ve pirüvik asit üretimini indüklediği Fan vd. (2022) tarafından tespit edilmiştir. *L. paracasei* içeren probiyotik fermente süt örneklerinde ise yüksek konsantrasyonlarda pirüvik asit tespit edildiği Kristo vd. (2003) tarafından belirtilmektedir.

Farklı ticari probiyotik ve yoğurt kültürü ile üretilen fermente sütlerde sitrik asit miktarının, depolama süresi boyunca düzenli olarak azaldığı, pirüvik asit içeriğinin ise değişmediği saptanmıştır (Torre vd., 2003).

Örneklerin orotik asit konsantrasyonlarında ise, en yüksek değerin C (56,79 mg/kg) ve en düşük değerin ise FMB örneğine (28,23 mg/kg) ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Orotik asit, hayvanlarda pirimidin sentezinde oluşturulan bir ara bileşiktir ve bu organik asit ile çok fazla çalışma olmadığı ve literatürlerin genelde eski kaynaklara dayandığı görülmektedir. Süt ürünlerinde orotik asit miktarı, sütün elde edildiği hayvanın cinsi, uygulanan ısı işlem gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Zaalberg vd., 2020). Orotik asidin, süt ürünlerinde *Lactobacillus* spp. için gelişme faktörü olduğu ve bu nedenle yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde daha düşük konsantrasyonlarda bulunabileceği bildirilmiştir (Okonkwo & Kinsella, 1969; Suzuki vd., 1986; Ostlie vd., 2003). Soğukta depolanan yoğurtlarda laktik asit konsantrasyonunun artması ile orotik asit konsantrasyonunun fermantasyon süresince ve düşük pH düzeylerinde azaldığı tespit edilmiştir (Fernandez-Garcia & McGregor, 1994).

Orotik asitin, nükleik asit sentezinde bir öncü olarak kullanıldığı ve *L. paracasei* içeren fermente sütte orotik asit miktarının, kontrol örneğine kıyasla daha yüksek tespit edildiği ancak, depolama sırasında orotik asit konsantrasyonunda değişiklik kaydedilmediği tespit edilmiştir (Kristo vd., 2003). Farklı ticari probiyotik kültür ve yoğurt kültürü kullanılarak üretilen set tipi fermente sütlerde orotik asit miktarının biraz azaldığı, ancak kullanılan starter kültürler arasında farklılıkların önemli olduğu Torre vd. (2003) tarafından saptanmıştır.

Bu çalışmada, fermente süt örneklerinde tespit edilen organik asit bileşiklerinden, formik, laktik, sitrik, süksinik ve ürik asit miktarları, yüksek konsantrasyona sahip asitler olarak belirlenmiştir. Ayrıca tespit edilen organik asit bileşenlerinden, laktik, pirüvik ve orotik asit miktarlarının depolama süresince arttığı, oksalik, formik, sitrik, süksinik ve ürik asit miktarlarının ise azaldığı, fumarik asit miktarında ise değişiklik olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Fermente süt örneklerine ait organik asit konsantrasyonlarının LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Oksalik Asit (mg/kg)	Formik Asit (mg/kg)	Laktik Asit (mg/kg)	Sitrik Asit (mg/kg)	Süksinik Asit (mg/kg)	Fumarik Asit (mg/kg)	Ürik Asit (mg/kg)	Pirüvik Asit (mg/kg)	Orotik Asit (mg/kg)
C	6	2,68 ^{ab}	224,73 ^b	90,13 ^b	36,69 ^c	159,05 ^b	0,24 ^a	168,79 ^c	30,53 ^a	56,79 ^a
FMB	6	2,44 ^b	247,96 ^a	227,25 ^a	47,58 ^b	339,18 ^a	0,19 ^a	164,27 ^d	8,34 ^c	28,23 ^d
FMP	6	2,89 ^a	181,07 ^d	88,81 ^{bc}	58,96 ^a	342,64 ^a	0,18 ^a	359,75 ^a	12,65 ^b	33,84 ^c
FMR	6	2,57 ^b	202,43 ^c	86,27 ^c	48,01 ^b	144,94 ^c	0,21 ^a	173,24 ^b	31,89 ^a	46,90 ^b
Depolama Süresi (Gün)										
1	12	3,01 ^a	230,33 ^a	96,27 ^b	61,78 ^a	339,47 ^a	0,19 ^a	263,13 ^a	19,19 ^b	34,85 ^b
21	12	2,28 ^b	197,76 ^b	149,96 ^a	33,84 ^b	153,44 ^b	0,21 ^a	169,89 ^b	22,52 ^a	48,03 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	Önemsiz	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	Önemsiz	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	Önemsiz	**	**	**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

4.1.10. Aroma bileşikleri

Fermentasyon sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda birçok uçucu ve/veya uçucu olmayan bileşikler oluşmaktadır. Bu aroma metabolit profillerinin oluşmasında, fermentasyonda kullanılan starter kültürlerin hücresel mekanizması önemli bir rol oynamaktadır (Gu vd., 2020).

Yoğurtların asiditesindeki artış, besinsel ve fonksiyonel özelliklerindeki değişiklikler ile birlikte, ürüne özgü aromanın da oluşumuna neden olmaktadır (Mozzi vd., 2013). Laktik asit, asetaldehit, diasetil, asetoin, aseton ve 2-bütanon gibi uçucu metabolitler fermente sütlerde aroma bileşiklerini oluşturmaktadır (Cheng, 2010). Vitaminler, biyoaktif peptitler, organik asitler ve yağ asitleri gibi bazı uçucu olmayan bileşenler de aroma gelişimini destekleyerek aynı zamanda yoğurda biyojenik özellikler de kazandırmaktadır (Stanton vd., 2005).

Geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterileri ile üretilen fermente süt örneklerinin depolamanın 1. ve 21. günlerinde aroma bileşenlerinden asetaldehit, aseton, asetoin, 2-bütanon, propiyonik asit ve bütirik asit miktarları (mg/kg) belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Fermente süt örneklerinin asetaldehit miktarları 0,47-1,06 mg/kg, ortalama değerlerinin ise 0,71-0,77 mg/kg aralığında değiştiği saptanmıştır. Aseton miktarlarının 0,24-1,38 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama değerlerinin ise 0,45-1,09 mg/kg olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Örneklerin asetoin bileşenine ait miktarları 0,75-1,33 mg/kg olarak tespit edilirken, ortalama değerler ise 0,95-1,11 mg/kg olarak saptanmıştır. Fermente süt örneklerine ait aroma bileşiklerinden 2-bütanon miktarları 9,34-11,32 mg/kg arasında değişiklik gösterirken, ortalama değerleri, depolama süresinin 1. gününde 10,26 mg/kg ve 21. gününde ise 10,16 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Diasetil miktarlarının 0,34-1,56 mg/kg aralığında olduğu belirlenmiş ve ortalama 0,73 mg/kg ile 21. gününe ve 0,81 mg/kg ile 1. gününe ait değerler saptanmıştır. Propiyonik asit miktarları 120,87-443,58 mg/kg

arasında değişmiş ve depolama sũresinin 1. gũnũnde 294,16 mg/kg ve 21. gũnũnde ise 311,60 mg/kg ortalama değerler saptanmıştır. Bũtirik asit miktarları 79,32-162,02 mg/kg arasında değişmiş ve ortalama sonuçlar açısından depolama sũresinin 21. gũnũnde 112,68 mg/kg ve 1. gũnũnde ise 121,96 mg/kg bũtirik asit değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Fermente sũt Ȗrneklerinin aroma bileşenlerinin varyans analizi değerlendirilmesine ait sonuçlara gȖre, Ȗrnek eşidi, depolama sũresi ve Ȗrnek eşidi x depolama sũresi interaksyonu $p < 0,01$ dũzeyinde Ȗnemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Aroma bileşenlerinden Ȗrnek eşitleri arasında asetaldehit konsantrasyonu en yũksek 1,00 mg/kg ile FMR Ȗrneęinde, daha dũřũk ise 0,53 mg/kg ile C Ȗrneęinde belirlenmiştir. Aseton miktarının en yũksek 0,92 mg/kg ile FMP ve FMR Ȗrneęine, daha dũřũk değerin ise 0,58 mg/kg ile C Ȗrneęine ait olduğu tespit edilmiştir. Ȗrneklerin en yũksek asetoin değeri 1,22 mg/kg ile FMP Ȗrneęinde, daha dũřũk değeri ise 0,88 mg/kg ile C Ȗrneęinde belirlenmiştir. 2-bũtanon miktarı en yũksek FMR Ȗrneęinde (10,33 mg/kg) daha dũřũk değer olarak ise C (10,06 mg/kg) Ȗrneęinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Diasetil miktarlarının en yũksek değerinin FMR (1,23 mg/kg), daha dũřũk değerinin ise C (0,45 mg/kg) Ȗrneęine ait olduğu saptanmıştır. Propiyonik asit miktarları Ȗrnek eşidi açısından, en yũksek FMR (439,16 mg/kg) Ȗrneęinde, en dũřũk ise C (180,92 mg/kg) Ȗrneęinde belirlenmiştir. Bũtirik asit içeriğinin en yũksek değerinin FMR Ȗrneęinde (150,78 mg/kg) ve en dũřũk değerinin ise C Ȗrneęinde (88,44 mg/kg) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Fermente sũt Ȗrũnlerinde oluşan karakteristik aroma bileşenleri, hammaddede bulunan veya ilave edilen mikroorganizmaların enzimatik aktivitelerinden etkilenmektedir (Routray & Mishra, 2011; Tian vd., 2019; Tian vd., 2019a).

Sũt Ȗrũnlerinde iz konsantrasyonlarda bulunan ve tat eşiği dũřũk olan aldehit bileşikleri aroma oluşumunda Ȗnemli bir rol oynamaktadır (Dan vd., 2017). Asetaldehit, diasetil,

asetoin ve asetik asit bileşenlerinin yoğurdun tipik aromasını oluşturduğu belirtilmektedir (Cheng, 2010; Erkaya & Sengul, 2011).

Yoğurt starter kültürleri *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* fermantasyon sırasında asetaldehit oluşumunda etkin rol oynamaktadır. Yoğurtta asetaldehitin, fermantasyon sırasında meydana geldiği ve bu bileşiğin oluşumu farklı süt bileşenlerinden katalize edilebilen spesifik enzimlerin varlığına bağlı olduğu bildirilmiştir (Aunsbjerg vd., 2015).

LAB, asetaldehiti çeşitli metabolik yollar ile sentezleyebilmektedir ve bileşik taze, yeşil elma ve ceviz aroması veren bir tada sahiptir. Asetaldehit, treonin metabolizması, etanolün dehidrojenasyonu, doğrudan pirüvatın dekarboksilasyonu veya dolaylı olarak önce asetil-CoA'nın üretimi ile pirüvik asitten üretilebilmektedir (Cheng, 2010; Erkaya & Sengul, 2011; Liu vd., 2014; Settachaimongkon vd., 2014; Chen vd., 2017; Li vd., 2022).

Aroma bileşenlerinden, aseton (tatlı, meyvemsi) ve bütanoik asit (tereyağı aroması) yoğurdun kendine özgü aromasının oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. *L. paracasei* ile fermente edilen yoğurtlarda bu aroma bileşenlerinin daha yüksek miktarlarda tespit edildiği bildirilmiştir (Cheng, 2010).

Asetoin, yoğurtlarda *S. thermophilus*'un metabolizması ile oluşturulabilirken, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından oluşturulamamaktadır (Xanthopoulos vd., 2001). Asetoin, diasetil enzimatik parçalanması ile oluşmakta ve diasetile benzer tereyağlı aroma sağlarken, aseton ise meyvemsi aromayı oluşturmaktadır (Tamine & Robinson, 2007; Cheng, 2010).

L. paracasei'nin yoğurtta, asetaldehit, diasetil ve asetoin miktarlarını etkilemediği, aseton ve bütanoik asit oluşumunu ise desteklediği saptanmıştır. Birçok karbonil bileşikleri, organik asit ve serbest amino asit miktarlarının depolama sırasında arttığı, asetaldehit ve diasetil miktarlarının ise azaldığı Gu vd. (2020) tarafından belirtilmiştir.

Yoğurt starter kültürleri ve *L. paracasei* içeren yoğurtların asetaldehit ve diasetil içerikleri arasında önemli ölçüde farklılık olmadığı ve sırası ile alkol dehidrojenaz ve asetoin redüktaz tarafından etanol ve asetona dönüştürülmesi ile depolama sırasında konsantrasyonlarının azaldığı belirtilmektedir (Tamime & Robinson, 2007; Gu vd., 2020). Yoğurt kültürleri ile hazırlanan yoğurtların, 4°C’de 10 gün depolanması sırasında, asetaldehit miktarının azaldığı farklı yazarlar tarafından da belirtilmektedir (Tamime & Robinson, 2007; Cheng, 2010).

Tian vd. (2017) yoğurtlarda diasetil ve asetoinin yüksek konsantrasyonlarının depolama süresinin ortasında (14. gün) tespit edildiğini belirtmiştir.

Probiyotik kültür içeren yoğurtların, metabolitlerinin geleneksel yoğurtta oluşan metabolitlerden farklı olduğu Settachaimongkon vd. (2014) tarafından belirtilmektedir. *L. rhamnosus* içeren yoğurt örneğinde depolama sırasında asetaldehit miktarının artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yoğurtta asetaldehit miktarının fermantasyon sırasında farklı süt bileşenlerinden oluşumunu katalize edebilen spesifik enzimlerin varlığına bağlı olduğu Innocente vd. (2016) tarafından bildirilmiştir.

L. rhamnosus’un sitratı kullanabilme kapasitesinin ve bakteri aktivitesinin, 4°C’de depolama sırasında devam ettiği, böylece depolama sonunda daha yüksek miktarlarda diasetil oluşabileceği belirtilmektedir. Ayrıca yoğurtlarda asetoin ve aseton bileşiklerinin, depolama sırasında kontrol örneğinde azaldığı *L. rhamnosus* ile üretilen örnekte ise arttığı Innocente vd. (2016) tarafından saptanmıştır.

L. casei içeren yoğurt örneklerinde, alkol (siklobütanol ve 2-etil-1-hekzanol), keton (2-bütanon, 2-pentanon, 2-heptanon, 2-undekanon ve 2-tridekanon) ve organik asit (heksanoik asit ve bütanoik asit) bileşiklerinin daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu Tian vd. (2017) tarafından belirtilmektedir.

Bu çalışmada, fermente süt örneklerinde tespit edilen aroma bileşenlerinden, asetaldehit, aseton, asetoin ve propiyonik asit miktarlarının depolama süresince arttığı, 2-bütanon, diasetil ve bütirik asit miktarlarının ise azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23. Fermente süt örneklerinin aroma bileşikleri miktarlarındaki değişim

Fermente Süt Örnekleri	Asetaldehit (mg/kg)		Aseton (mg/kg)		Asetoin (mg/kg)		2-Bütanon (mg/kg)		Diasetil (mg/kg)		Propiyonik Asit (mg/kg)		Bütirik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi		Depolama Süresi		Depolama Süresi		Depolama Süresi		Depolama Süresi		Depolama Süresi		Depolama Süresi	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
C	0,47	0,58	0,24	0,91	0,80	0,96	9,72	10,41	0,57	0,34	217,30	144,54	97,57	79,32
FMB	0,50	0,77	0,55	0,76	0,75	1,11	9,85	10,46	0,54	0,72	120,87	288,53	96,86	109,49
FMP	0,79	0,76	0,55	1,30	1,10	1,33	10,16	10,44	0,57	0,96	403,75	369,77	131,40	122,38
FMR	1,06	0,95	0,47	1,38	1,16	1,03	11,32	9,34	1,56	0,89	434,75	443,58	162,02	139,55
Minimum	0,47	0,58	0,24	0,76	0,75	0,96	9,72	9,34	0,54	0,34	120,87	144,54	96,86	79,32
Maksimum	1,06	0,95	0,55	1,38	1,16	1,33	11,32	10,46	1,56	0,96	434,75	443,58	162,02	139,55
Ortalama	0,71	0,77	0,45	1,09	0,95	1,11	10,26	10,16	0,81	0,73	294,16	311,60	121,96	112,68

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.24. Fermente süt örneklerine ait organik asit konsantrasyonlarının LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Asetaldehit (mg/kg)	Aseton (mg/kg)	Asetoin (mg/kg)	2-Bütanon (mg/kg)	Diasetil (mg/kg)	Propiyonik Asit (mg/kg)	Bütirik Asit (mg/kg)
C	6	0,53 ^d	0,58 ^c	0,88 ^d	10,06 ^d	0,45 ^d	180,92 ^d	88,44 ^d
FMB	6	0,64 ^c	0,66 ^b	0,93 ^c	10,15 ^c	0,63 ^c	204,70 ^c	103,17 ^c
FMP	6	0,78 ^b	0,92 ^a	1,22 ^a	10,30 ^b	0,76 ^b	386,75 ^b	126,89 ^b
FMR	6	1,00 ^a	0,92 ^a	1,09 ^b	10,33 ^a	1,23 ^a	439,16 ^a	150,78 ^a
Depolama Süresi (Gün)								
1	6	0,71 ^b	0,45 ^b	0,95 ^b	10,26 ^a	0,81 ^a	294,16 ^b	121,96 ^a
21	6	0,77 ^a	1,09 ^a	1,11 ^a	10,16 ^b	0,73 ^b	311,60 ^a	112,68 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Ketonlar, esas olarak yağ asitlerinin lipoliz, oksidasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır. Keton bileşiklerinden 2-bütanon, 2-pentanon ve 2-heptanon'un, *L. casei* ile fermente edilmiş örneklerde önemli uçucu aroma bileşiklerinden olduğu tespit edilmiştir (Erkaya & Sengul, 2011; Gallegos vd., 2017).

Diasetil (2,3-bütandion) ve asetoin, sitrat metabolizmasında, laktozun parçalanması ile oluşan pirüvattan üretilmektedir (Pan vd., 2014; Dan vd., 2017). Diasetil ve asetoin yoğurda tereyağlı, kremamsı ve vanilyalı bir aroma kazandırmaktadır (Nieto-Arribas vd., 2011; Settachaimongkon vd., 2014; Dan vd., 2017).

Birçok çalışmada, diketon olan diasetilin, diasetil redüktaz enzimi ile asetona dönüştürülebileceği belirtilmiştir (Ratray vd., 2003; Dan vd., 2017). 2,3-bütandion ve asetoin, fermente sütün kendine özgü aromasına katkıda bulunan temel uçucu metabolitlerdir (Geng vd., 2018; Zheng vd., 2020a).

Asetoin, fermente sütün tatlı ve tereyağlı aromasına katkıda bulunan diasetil redüktaz aktivitesi ile 2,3-bütandiondan oluşturulabilmektedir (Comasio vd., 2019). Asetoin aroması, 2,3-bütandionun neden olduğu keskin tadın daha hafifletilmiş tat duyusuna dönüştürülmesinde önemlidir. Asetaldehitin asetona oranı yoğurt aromasının oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır ve 2:1 oranının istenilen dolgunluk aromasını oluşturabileceği belirtilmiştir (Serra vd., 2009; Cheng, 2010).

Aroma oluşumunda etkili asitler, yoğurt aroması üzerinde önemli etkileri olan bileşiklerdir (Routray & Mishra, 2011; Bezerra vd., 2017). Aromatik asitler, lipoliz veya glikoliz yolu ile oluşturulmakta, ancak esas olarak laktoz metabolizması ile üretilmektedir (Hayaloğlu vd., 2013). Ayrıca ketonlar ve alkoller gibi diğer aromatik bileşiklerin oluşumunda ve biyokimyasal dönüşümlerinde de kullanılmaktadır (Delgado vd., 2010).

Yapılan farklı çalışmalarda, fermente süte probiyotik ilavesinin, fermentasyon ve depolama sırasında uçucu metabolitlerin bileşimini ve konsantrasyonunu etkileyerek ürünün aroması ve kalitesinde değişikliğe sebep olduğu belirtilmiştir (Tian vd., 2017; Farag vd., 2022; Fan vd., 2022). LAB'nin ve depolama süresinin de fermente sütlerde

uçuucu metabolitlerin oluşumunu etkileyebileceği belirtilmektedir (de Bok vd., 2011; Settachaimongkon vd., 2014).

Fermente süt ürünlerinin depolanması sırasında asetaldehit konsantrasyonlarındaki değişikliğin fermantasyon sırasında oldukça aktif olan pirüvat metabolizmasının depolama sırasında da devam etmesine bağlı olduğu belirtilmiştir (Zhang vd., 2022). Fermente süt üretiminde, *L. casei* ve *L. paracasei*'nin kullanımı ile bütirik asit içeriğinin önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Tian vd. 2017; Gu vd., 2020).

4.1.11. Duyusal özellikler

LAB ile fermantasyon, biyokimyasal reaksiyonlar ve bu reaksiyonların sonucunda oluşan metabolitler ile aroma/lezzetin oluşturulması, ürünlerin organoleptik niteliklerinin geliştirilmesi ve gıda güvenliği açısından kaliteli ürün üretimini sağlayan önemli bir procestir (Settachaimongkon vd., 2014). Farklı mikroorganizmaların kullanıldığı fermente ürünlerin duyusal özelliklerinin geliştirilmesi ve tüketici tercihlerinin değerlendirilmesi, fermantasyon parametrelerinin incelenmesi kadar önemli olmaktadır (Olson & Aryana 2008; Tian vd., 2017).

Mikrobiyal çeşitlilik, süt ürünlerinin renk, tat, lezzet, aroma, tekstür, ve besleyici özelliklerine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır (Zhong vd., 2016). LAB'inin hammadde sütün içerdiği tüm bileşenlerin (protein, karbonhidrat, yağ, kalsiyum vb.) etkileşimi, fermantasyon süreci, kinetiği ve suş özellikleri, pH'nın azalması ve süt proteinlerinin destabilize olarak asit jelinin oluşturulması duyusal özelliklerin şekillenmesinde etkili olmaktadır. Ayrıca, depolama süresince gerçekleşen dinamiklerin tümü de birbiri ile ilişkili olarak reolojik ve duyusal özelliklerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Martin vd., 2011; Elemanova vd., 2022; Hoxha vd., 2023).

Fermente süt örnekleri, dış görünüş özelliklerinden renk, parlaklık, serum ayrılması, sıklık ve pürüzsüzlük parametrelerince değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.25'de verilmiştir. Örneklerin renk, serum ayrılması, sıklık ve pürüzsüzlük parametrelerinin varyans analizi değerlendirilmesi sonucunda örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek

çeşidi x depolama süresi interaksyonları önemsiz farklılıklar yaratmıştır ($p>0,05$). Fermente süt örneklerinin parlaklık parametresinde, örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresinde önemsiz ($p>0,05$), depolama süresinde $p<0,01$ düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur. Örneklerin depolama süresinin 7. 14. ve 21. günlerindeki parlaklık algısının 1. güne göre arttığı belirlenmiştir. Genel profillerinin değerlendirilmesinde, örneklerin dış görünüş özelliklerinin Mihaliç peynirinden izole edilen bakterilerin kullanımından etkilenmediği saptanmıştır (Çizelge 4.25).

Fermente süt örneklerinin, tat ve aroma özellikleri duyuasal asitlik, tatlılık, burukluk, fermente süt tadı, aroma, koku, asetaldehit aroması ve aftertaste parametrelerince değerlendirilmiş ve Çizelge 4.25’de verilmiştir. Örneklerin duyuasal asitlik, tatlılık ve asetaldehit aroması parametrelerinin varyans analizi sonuçlarının değerlendirilmesinde örnek çeşidi ve depolama süresi $p<0,05$, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu önemsiz olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Fermente süt örneklerinin burukluk parametresinde örnek çeşidi $p<0,01$, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda $p<0,05$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Fermente süt tadı ve aroma parametrelerinin örnek çeşidi $p<0,01$ düzeyinde, depolama süresi $p<0,05$ düzeyinde, örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Örneklerin koku ve aftertaste parametreleri örnek çeşidi açısından $p<0,01$ düzeyinde, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda önemsiz olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Tat ve aroma özelliklerine ait LSD testi sonuçlarına göre, duyuasal asitlik özellikleri açısından en çok beğenilenlerin *L. brevis* içeren FMB ve *L. paracasei* içeren FMR örnekleri olduğu saptanmıştır. Örneklerin duyuasal asitlikleri depolama süresince artmıştır (Çizelge 4.26).

Mihaliç peynirinden izole edilen kültürlerin kullanıldığı örneklerde burukluk özelliği kontrol C örneğinden biraz daha yüksek olarak saptanmasına rağmen >8 değerler ile beğenilmiştir. Fermente süt ürünlerinin karakteristik aromasını oluşturan fermente süt tadının örnekler arasında farklılığa sebep olduğu belirlenmiştir. Fermente süt tadı

parametresinde, *L. brevis* içeren FMB ve *L. rhamnosus* içeren FMR örneklerinin diğer örneklerden daha yüksek değerlendirme puanları aldığı saptanmıştır. Ayrıca depolama süresi boyunca fermente süt tadının geliştiği panelistlerin değerlendirmelerine yansımıştır (Çizelge 4.26).

Örneklerin aroma ve koku özelliklerinin farklı izole ek kültür içeren örneklerde daha çok beğenildiği ve yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Asetaldehit aroması fermente süt ürünlerinde önemli lezzet bileşiklerinden birisidir. Örneklerin fermente süt tadı özelliği ile asetaldehit aroması arasında doğrusal bir korelasyon olduğu ve Mihaliç peynirlerinden izole edilen kültürler ile üretilen örneklerde bu özelliğin daha çok dikkat çektiği saptanmıştır. Depolama süresince ise bu özelliğin arttığı tespit edilmiştir. Gıda maddesini yedikten sonra ağızda/damakta kalan tadı ifade eden aftertaste özelliklerinin belirlenmesinde, en çok beğenilen örneğin yine FMB ve FMR olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.26).

Uçucu olmayan karboksilik asitler (laktik, pirüvik), uçucu karboksilik asitler (bütirik, asetik), karbonil bileşikler (asetaldehit, diasetil), diketonlar (2,3-bütandion) ve 2,3-pentadion ve diğer organik bileşikler (amino asitler veya termal bozunma ile oluşan ürünler) yoğurtlarda aroma oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Innocente vd., 2016). Yoğurtta 90'dan fazla farklı uçucu bileşik tespit edildiği belirtilmektedir. Bu bileşiklerin oluşumu ve konsantrasyonu, sütün kimyasal bileşimi, işleme koşulları (ısıtma işlemi, homojenizasyon), starter kültür çeşidi, oranı, aktivitesi ve inkübasyon süresinden etkilenmektedir. Bu nedenle uçucu ve uçucu olmayan organik bileşiklerin analizi ile yoğurt üretiminde fermentasyon ve duyu kalitenin izlenmesi sağlanabilmektedir (Cheng, 2010).

Fermente süt örneklerinin tekstür-iç-yapı özellikleri; kremamsı yapı, homojenlik, sıklık/konsistens, pürüzsüzlük, yapışkanlık, akışkanlık ve taneli yapı özellikleri açısından değerlendirilmiş ve Çizelge 4.27'de verilmiştir. Bu özelliklerden kremamsı yapı, homojenlik, pürüzsüzlük, yapışkanlık, akışkanlık ve taneli yapı özelliklerinin varyans analizi sonuçlarının değerlendirilmesinde örnek çeşidi açısından $p < 0,01$

düzeyinde, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonlarında önemsiz farklılıklar belirlenmiştir.

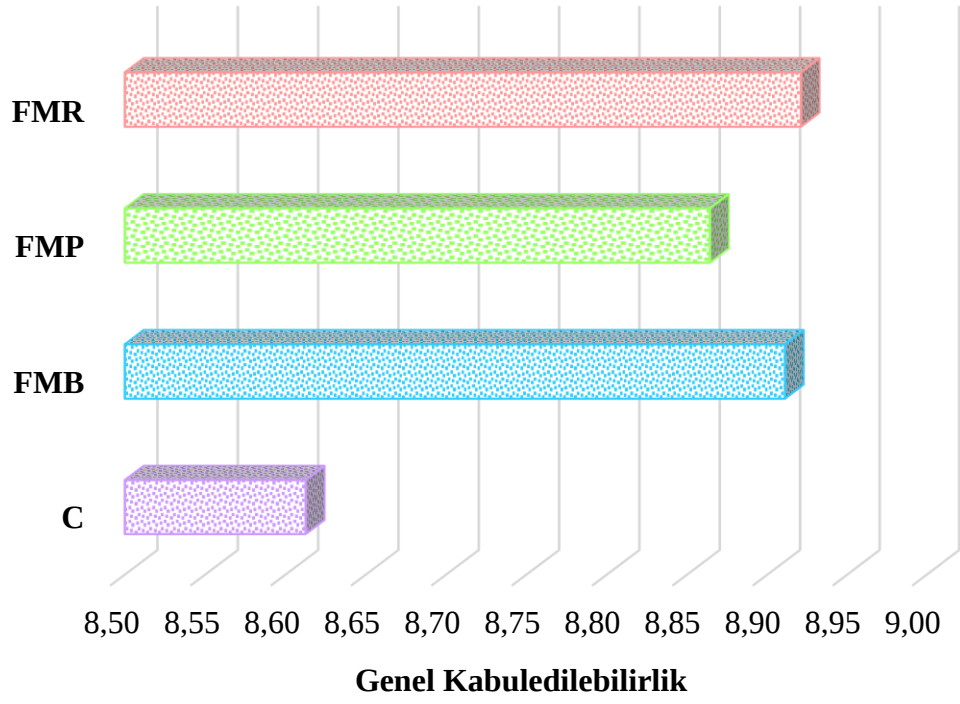
Örneklerin kremamsı yapı, pürüzsüzlük, yapışkanlık, akışkanlık ve taneli yapı özellikleri açısından yapılan değerlendirmelerde Mihaliç peynirinden izole edilen kültürü içeren örneklerin bu özelliklerinin kontrol C örneğine göre daha çok beğenildiği saptanmıştır (Çizelge 4.27).

Yüksek homojenlik gösteren örneklerin FMB ve FMR örnekleri, sıklık/konsistens özelliği açısından en yüksek değerlendirme puanlarını alan örneklerin ise FMB ve FMP olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.27).

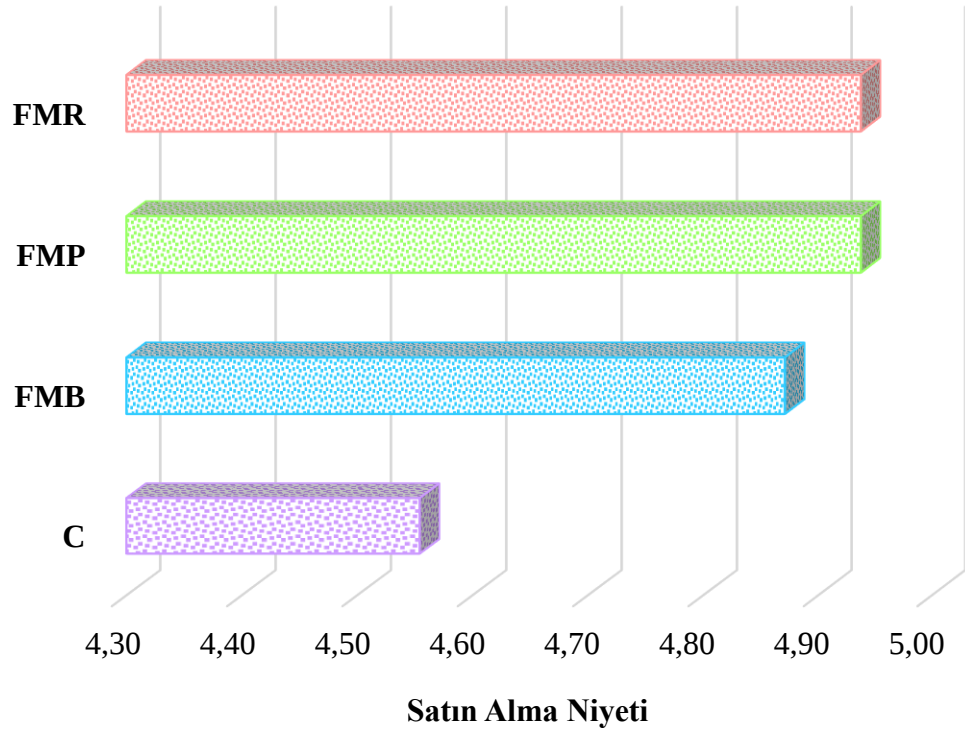
Örneklerin genel kabul edilebilirlikleri ve satın alma niyeti açısından değerlendirmelerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Genel kabul edilebilirlik, örnek çeşidi açısından $p<0,01$ düzeyinde, örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunda $p<0,05$ düzeyinde önemli ve depolama süresinde ise önemsiz ($p>0,05$) olarak belirlenmiştir. Satın alma niyeti, örnek çeşidi açısından $p<0,01$ düzeyinde önemli, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonu açısından ise önemsiz ($p>0,05$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilen kültürlerin kullanıldığı örneklerin genel kabul edilebilirlik ($>8,61$) ve satın alma niyetinin ($>4,55$) kontrol C örneğine göre daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Örnekler "çok beğendim" ve "satın alırım" şeklinde tanımlanmıştır (Çizelge 4.28).

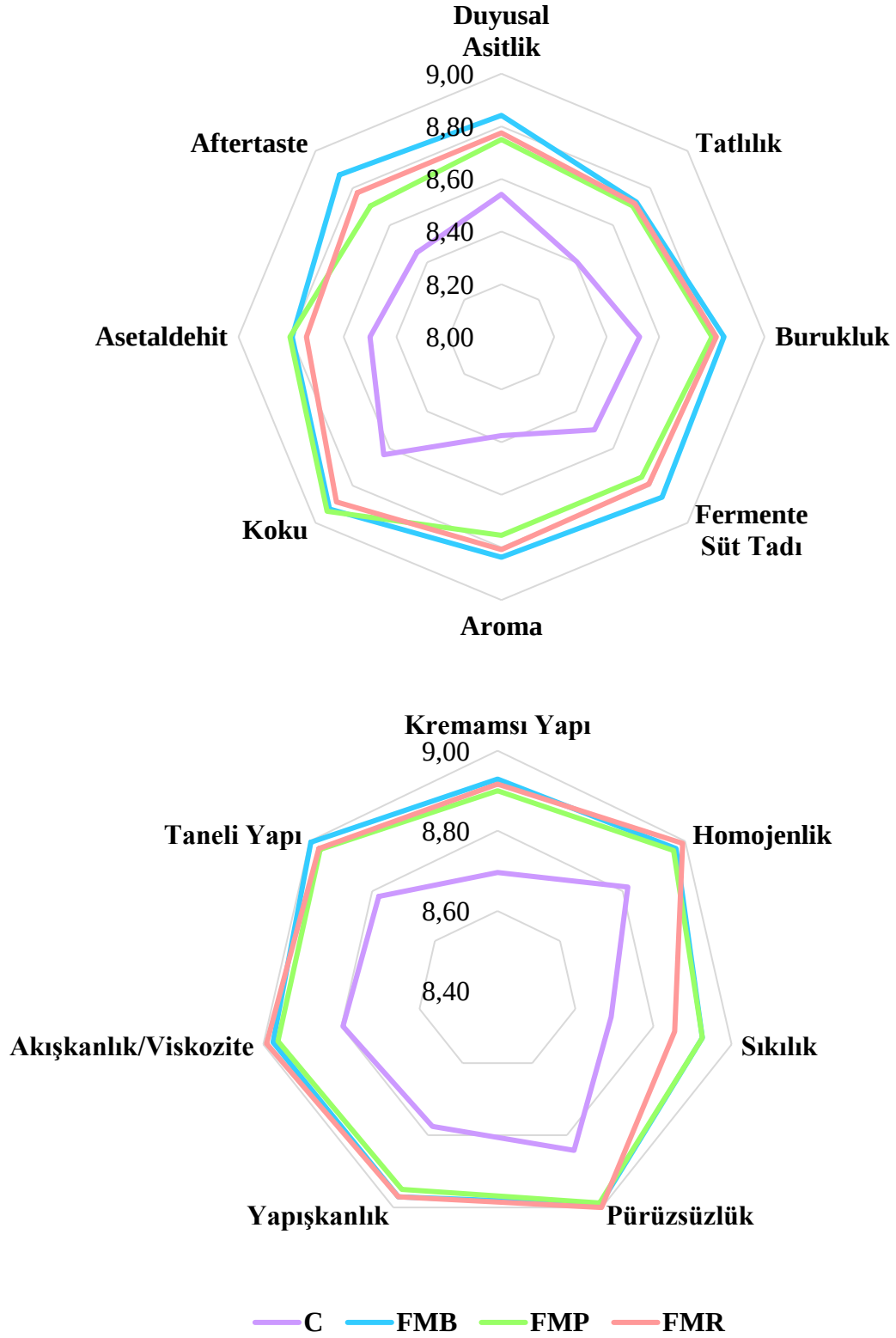
Fermente süt örneklerinin genel kabul edilebilirlik ve satın alma niyetine ait grafikler Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de, hedonik duyuşal değerlendirme sonucu elde edilen özelliklere ait grafik Şekil 4.13’de verilmiştir. Örneklerin depolama süresinin 1. ve 21. günlerine ait görüntüleri ise Şekil 4.14’de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Fermente süt örneklerindeki genel kabul edilebilirlik değerleri

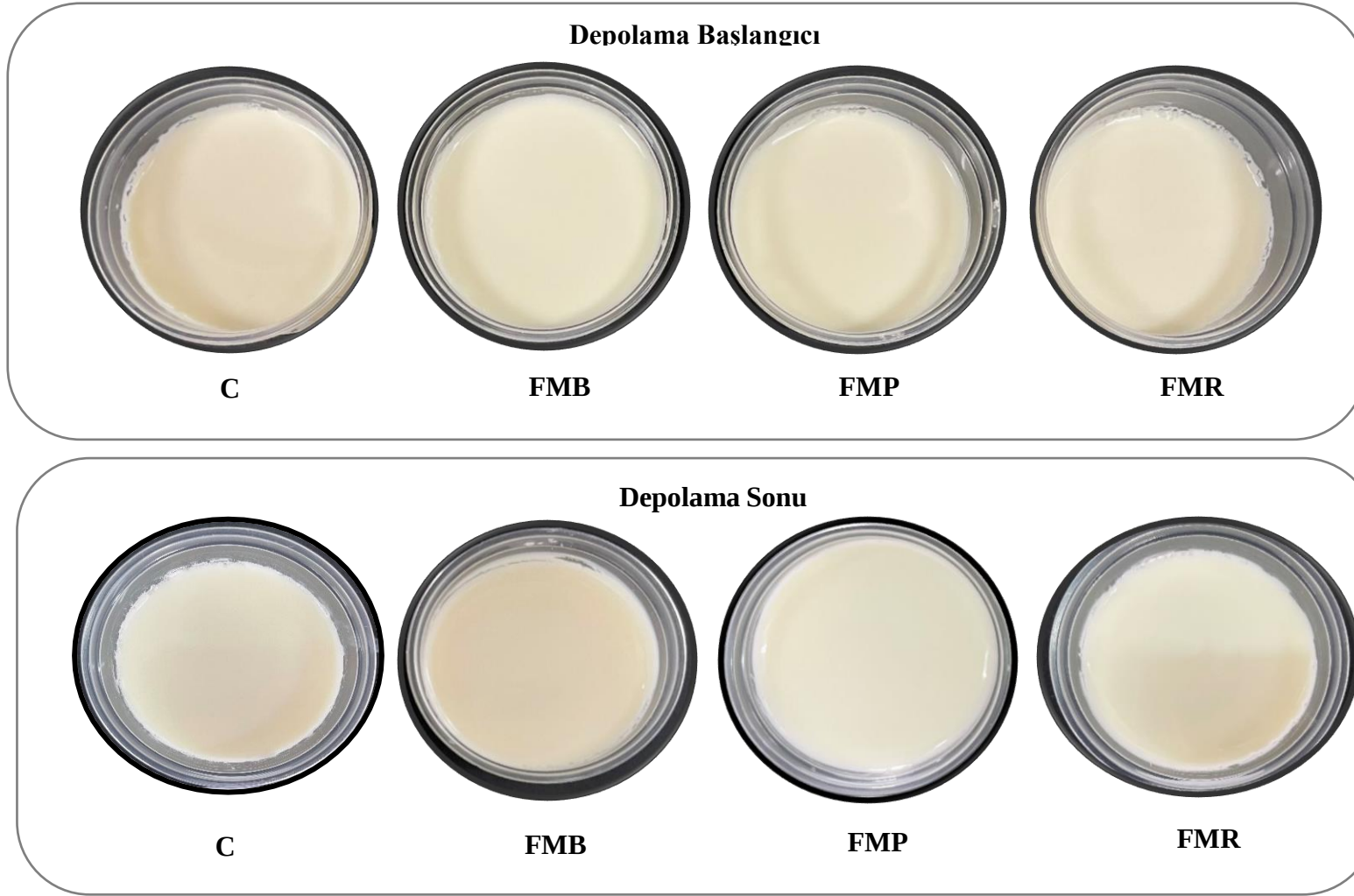


Şekil 4.12. Fermente süt örneklerindeki satın alma niyeti değerleri



Şekil 4.13. Fermente süt örneklerinin aroma* (a) ve tekstürel özelliklerine* (b) ait grafik

*Hedonik: 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim



Şekil 4.14. Fermente süt örneklerinin depolama süresinin 1. ve 21. günlerine ait görüntüleri

Çizelge 4.25. Fermente süt örneklerinin dış görünüş özelliklerine ait LSD testi sonuçları*

DIŞ GÖRÜNÜŞ ÖZELLİKLERİ						
Örnek Çeşidi	N	Renk	Parlaklık	Serum Ayrılması	Sıklık	Pürüzsüzlük/Homojenlik
C	24	8,99±0,017 ^a	8,94±0,070 ^a	8,95±0,079 ^a	8,93±0,102 ^a	8,98±0,025 ^a
FMB	24	8,99±0,017 ^a	8,94±0,096 ^a	8,97±0,034 ^a	8,96±0,055 ^a	8,99±0,010 ^a
FMP	24	8,98±0,019 ^a	8,94±0,103 ^a	8,99±0,017 ^a	8,94±0,044 ^a	9,00±0,000 ^a
FMR	24	8,95±0,088 ^a	8,93±0,110 ^a	9,00±0,000 ^a	8,94±0,025 ^a	9,00±0,000 ^a
Depolama Süresi (Gün)						
1	24	9,00±0,000 ^a	8,80±0,028 ^b	9,00±0,000 ^a	8,95±0,053 ^a	0,024±0,024 ^a
7	24	8,95±0,088 ^a	8,99±0,016 ^a	9,00±0,000 ^a	8,99±0,025 ^a	9,00±0,000 ^a
14	24	8,98±0,019 ^a	8,97±0,024 ^a	8,95±0,079 ^a	8,89±0,074 ^a	8,99±0,017 ^a
21	24	8,98±0,019 ^a	8,99±0,017 ^a	8,96±0,028 ^a	8,93±0,034 ^a	9,00±0,008 ^a
Örnek Çeşidi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
Depolama Süresi		Önemsiz	**	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Hedonik: 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

Çizelge 4.26. Fermente süt örneklerinin tat ve aroma özelliklerine ait LSD testi sonuçları*

TAT VE AROMA ÖZELLİKLERİ									
Örnek Çeşidi	N	Duyusal Asitlik	Tatlılık	Burukluk	Fermente Süt Tadı	Aroma	Koku	Asetaldehit Aroması	Aftertaste
C	24	8,54±0,193 ^b	8,40±0,296 ^a	8,53±0,337 ^b	8,50±0,325 ^b	8,38±0,377 ^b	8,63±0,187 ^b	8,50±0,257 ^b	8,45±0,237 ^b
FMB	24	8,84±0,067 ^a	8,73±0,052 ^a	8,85±0,058 ^a	8,86±0,034 ^a	8,84±0,064 ^a	8,93±0,052 ^a	8,80±0,050 ^a	8,87±0,046 ^a
FMP	24	8,75±0,166 ^{ab}	8,70±0,226 ^a	8,80±0,138 ^a	8,75±0,170 ^{ab}	8,75±0,173 ^a	8,94±0,037 ^a	8,80±0,184 ^a	8,70±0,214 ^{ab}
FMR	24	8,78±0,117 ^a	8,72±0,071 ^a	8,82±0,135 ^a	8,79±0,040 ^a	8,81±0,087 ^a	8,89±0,079 ^a	8,74±0,074 ^a	8,78±0,055 ^a
Depolama Süresi (Gün)									
1	24	8,72±0,237 ^{ab}	8,61±0,247 ^a	8,67±0,224 ^a	8,62±0,286 ^b	8,51±0,400 ^b	8,76±0,230 ^a	8,56±0,219 ^b	8,62±0,316 ^a
7	24	8,76±0,109 ^{ab}	8,68±0,063 ^a	8,71±0,146 ^a	8,70±0,185 ^{ab}	8,75±0,220 ^{ab}	8,82±0,159 ^a	8,75±0,176 ^{ab}	8,68±0,197 ^a
14	24	8,59±0,171 ^b	8,46±0,283 ^a	8,73±0,344 ^a	8,69±0,228 ^{ab}	8,67±0,263 ^{ab}	8,91±0,164 ^a	8,68±0,204 ^{ab}	8,68±0,220 ^a
21	24	8,84±0,102 ^a	8,80±0,138 ^a	8,88±0,141 ^a	8,90±0,093 ^a	8,85±0,104 ^a	8,89±0,052 ^a	8,85±0,106 ^a	8,83±0,127 ^a
Örnek Çeşidi		*	*	**	**	**	**	*	**
Depolama Süresi		*	Önemsiz	Önemsiz	*	*	Önemsiz	*	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	*	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

***Hedonik: 9-** Son derece beğendim, **8-** Çok beğendim, **7-** Orta derece beğendim, **6-** Az beğendim, **5-** Ne beğendim ne beğenmedim, **4-** Biraz beğenmedim, **3-** Orta derece beğenmedim, **2-** beğenmedim, **1-** Hiç beğenmedim

Çizelge 4.27. Fermente süt örneklerinin tekstür iç-yapı özelliklerine ait LSD testi sonuçları*

TEKSTÜR İÇ-YAPI ÖZELLİKLERİ								
Örnek Çeşidi	N	Kremamsı Yapı	Homojenlik	Sıklık/Konsistens	Pürüzsüzlük	Yapışkanlık	Akışkanlık	Taneli Yapı
C	24	8,70±0,152 ^b	8,82±0,129 ^b	8,69±0,142 ^b	8,84±0,087 ^b	8,78±0,108 ^b	8,80±0,093 ^b	8,78±0,138 ^b
FMB	24	8,93±0,008 ^a	8,97±0,025 ^a	8,93±0,044 ^a	8,99±0,010 ^a	8,97±0,016 ^a	8,98±0,017 ^a	9,00±0,008 ^a
FMP	24	8,90±0,115 ^a	8,96±0,048 ^{ab}	8,93±0,022 ^a	8,99±0,016 ^a	8,95±0,041 ^a	8,96±0,037 ^a	8,97±0,041 ^a
FMR	24	8,92±0,115 ^a	8,99±0,017 ^a	8,85±0,104 ^{ab}	9,00±0,000 ^a	8,97±0,039 ^a	8,99±0,017 ^a	8,97±0,058 ^a
Depolama Süresi (Gün)								
1	24	8,78±0,206 ^a	8,87±0,136 ^a	8,79±0,192 ^a	8,93±0,120 ^a	8,90±0,102 ^a	8,88±0,147 ^a	8,89±0,154 ^a
7	24	8,82±0,119 ^a	8,94±0,114 ^a	8,85±0,113 ^a	8,95±0,100 ^a	8,89±0,173 ^a	8,95±0,081 ^a	8,92±0,167 ^a
14	24	8,91±0,120 ^a	8,95±0,059 ^a	8,85±0,142 ^a	8,95±0,060 ^a	8,93±0,048 ^a	8,93±0,091 ^a	8,95±0,079 ^a
21	24	8,94±0,055 ^a	8,99±0,016 ^a	8,91±0,050 ^a	8,99±0,025 ^a	8,95±0,070 ^a	8,95±0,052 ^a	8,96±0,055 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	*	**	**	**	**
Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

***Hedonik:** 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

Çizelge 4.28. Fermente süt örneklerinin genel kabul edilebilirlik ve satın alma niyeti özelliklerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Genel Kabul Edilebilirlik*	Satın Alma Niyeti**
C	24	8,61±0,259 ^b	4,55±0,107 ^b
FMB	24	8,91±0,087 ^a	4,87±0,080 ^a
FMP	24	8,86±0,125 ^a	4,94±0,055 ^a
FMR	24	8,92±0,158 ^a	4,94±0,086 ^a
Depolama Süresi (Gün)			
1	24	8,79±0,352 ^a	4,75±0,179 ^a
7	24	8,83±0,211 ^a	4,80±0,240 ^a
14	24	8,84±0,111 ^a	4,89±0,146 ^a
21	24	8,85±0,130 ^a	4,86±0,189 ^a
Örnek Çeşidi		**	**
Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		*	Önemsiz

C: Yoğurt kültürü, FMB: Yoğurt kültürü + *L. brevis*, FMP: Yoğurt kültürü + *L. paracasei*, FMR: Yoğurt kültürü + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

***Hedonik:** 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

****Satın Alma Niyeti:** 5- Kesinlikle satın alırım, 4- Belki alırım, 3- kararsızım 2- Satın almam, 1- Kesinlikle satın alma

4.2. Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünlerin Analiz Sonuçları

4.2.1. Mikrobiyolojik özellikler

Bakteriyel canlılık, tanımlanmış ortam koşullarında bir hücrenin gelişimini ve koloni oluşturma yeteneğini ifade etmektedir (Rouhi vd., 2017). Ürünlerde bulunan mikroorganizmaların canlılıkları, işleme ve depolama sırasında meydana gelen birçok faktörden etkilenebilmektedir (Khademi vd., 2022). Bununla birlikte, bakterilerin canlı ve aktif olması genellikle tüketicilerin sağlığını geliştirme özellikleri açısından önemli olmakta ve probiyotik bakterilerin işlevselliği için ise bir ön koşul olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle probiyotik bakteriler ve LAB'nin ürünlerin raf ömrü boyunca canlılıklarını koruması için gerekli proses ve ürün matriksi koşullarının sağlanması oldukça önemlidir (Terpou vd., 2019).

Yapılan bu çalışmada, geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilmiş laktik asit bakterilerinden *L. brevis* (BB), *L. paracasei* (BP) ve *L. rhamnosus* (BR), karışık kültür (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) (BT) ile birlikte kullanılarak, süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiş ve depolama süresince (1., 30., 60. ve 90. gün) *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp. ve maya-küf sayıları belirlenmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerinin depolama süresince mikrobiyolojik özelliklerindeki değişimler Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactococcus* spp. sayılarındaki değişimler Çizelge 4.29'da verilmiştir. BT, BB, BP ve BR örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactococcus* spp. sayısı 7,13-9,72 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *Lactococcus* spp. sayısının ortalama değerleri incelendiğinde en yüksek 8,47 log₁₀ kob/g ile 60. günde, en düşük *Lactococcus* spp. sayısının ise 7,51 log₁₀ kob/g ile 1. günde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin mikrobiyolojik özelliklerindeki değişim

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	<i>Lactococcus</i> spp. (log ₁₀ kob/g)				<i>Lactobacillus</i> spp. (log ₁₀ kob/g)				Maya-Küf (log ₁₀ kob/g)			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90	1	30	60	90	1	30	60	90
BT	7,13	7,81	7,93	7,73	4,53	4,98	4,37	4,73	1,95	3,37	4,45	5,45
BB	7,58	7,85	8,05	8,16	7,37	7,71	7,56	7,52	2,48	3,39	4,34	5,28
BP	7,57	8,55	9,72	8,18	7,43	8,30	8,63	7,69	2,04	3,11	2,85	5,32
BR	7,75	7,88	8,19	7,81	6,98	7,09	7,05	6,48	1,00	4,76	3,72	5,18
Minimum	7,13	7,81	7,93	7,73	4,53	4,98	4,37	4,73	1,00	3,11	2,85	5,18
Maksimum	7,75	8,55	9,72	8,18	7,43	8,30	8,63	7,69	2,48	4,76	4,45	5,45
Ortalama	7,51	8,02	8,47	7,97	6,58	7,02	6,90	6,60	1,87	3,66	3,84	5,31

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

BT, BB, BP ve BR örneklerinin *Lactococcus* spp. sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sonuçları incelendiğinde *Lactococcus* spp. sayılarının örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonları açısından istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,01$).

Çizelge 4.30. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin *Lactococcus* spp. sayılarına ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	<i>Lactococcus</i> spp. (log ₁₀ kob/g)
BT	12	7,65±0,355 ^c
BB	12	7,91±0,255 ^b
BP	12	8,50±0,905 ^a
BR	12	7,91±0,195 ^b
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	7,51±0,262 ^c
30	12	8,02±0,352 ^b
60	12	8,47±0,838 ^a
90	12	7,97±0,233 ^b
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
 *) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin *Lactococcus* spp. sayılarına ait LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek *Lactococcus* spp. sayısının 8,50 log₁₀ kob/g ile BP örneğinde, en düşük *Lactococcus* spp. sayısının ise, 7,65 log₁₀ kob/g ile kontrol BT örneğinde olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Probiyotik mikroorganizma içeren (*L. casei*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp.) ekşi krema örneklerinin, içermeyen örneklere göre, daha yüksek oranda canlı

mikroorganizmaya sahip olduğu ve ayrıca, bu mikroorganizmalar arasında en yüksek canlılık oranının *L. casei*'ye ait olduğu da Khademi vd. (2022) tarafından belirtilmiştir.

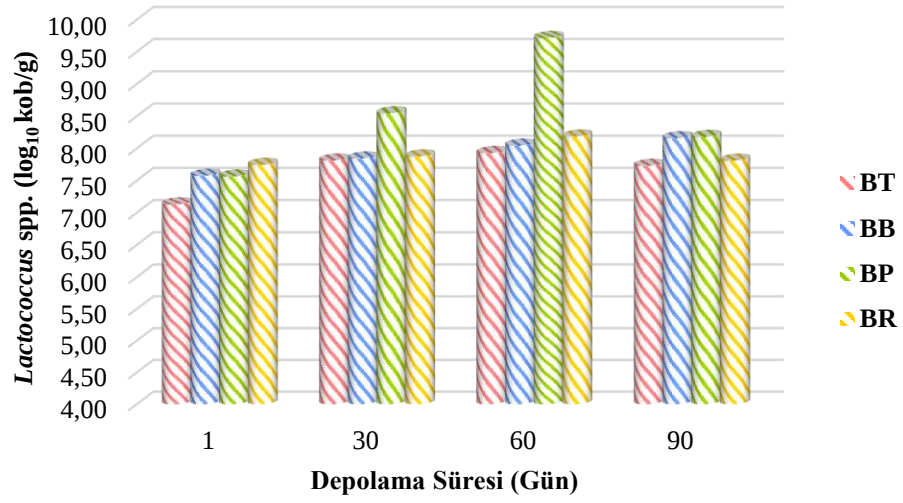
Monogliserit içeren yağsız süt emülsiyonunda, *L. rhamnosus*'un canlılığının yüksek olduğu ve bu tür emülsiyon sistemlerinin probiyotik mikroorganizmaların canlılığını koruyabileceği Marino vd. (2017) tarafından bildirilmiştir.

Süt yağı globül membranında bulunan ve bakteri hücrelerinin yüzeylerine afinite gösteren triaçilgliserol, müsin, fosfolipit, protein, glikofosfolipit ve gangliyositler gibi bileşiklerin, ürünlerde mikroorganizmaların canlılıklarını etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca, bakterilerin hidrofobik özelliğe sahip olması ile SYGM'ye daha kolay tutunabildiği belirtilmiştir (Ly vd., 2006; Brisson vd., 2010; Burgain vd., 2014).

Örneklerin *Lactococcus* spp. sayılarındaki değişimin, depolama süresinin 60. gününe kadar arttığı ancak, depolama süresinin 90. gününde düşük bir oranda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek *Lactococcus* sayısı 60. günde (8,47 log₁₀ kob/g) ve en düşük *Lactococcus* spp. sayısı ise, 1. günde (7,51 log₁₀ kob/g) saptanmıştır (Çizelge 4.30).

Probiyotik bakteri (*L. acidophilus* ve *B. bifidum*) içeren tereyağında, depolama süresi boyunca *Lactococcus* spp. sayısının farklı oranda canlılık gösterdiği belirtilmektedir (Erkaya vd., 2015).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactococcus* spp. sayılarındaki değişim Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin *Lactococcus* spp. sayılarındaki değişim grafiği

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin *Lactobacillus* spp. sayılarındaki değişim Çizelge 4.29’da verilmiştir. Örneklerle ait *Lactobacillus* spp. değerlerinin 4,37-8,63 log₁₀ kob/g arasında değiştiği, ortalama değerleri incelendiğinde ise en yüksek sayının 7,02 log₁₀ kob/g ile 30. güne, en düşük *Lactobacillus* spp. sayısının ise 6,58 log₁₀ kob/g ile 1. güne, ait olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin *Lactobacillus* spp. sayılarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Örneklerin *Lactobacillus* spp. sonuçlarındaki değişim örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi etkileşimlerini açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01).

Lactobacillus spp. sayılarının LSD testi sonuçlarına ait örnek çeşidi etkileşiminde, en yüksek *Lactobacillus* spp. sayısının BP örneğine (8,01 log₁₀ kob/g), en düşük *Lactobacillus* spp. sayısının ise BT örneğine (4,66 log₁₀ kob/g) ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin *Lactobacillus* spp. sayılarına ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	<i>Lactobacillus</i> spp. (log ₁₀ kob/g)
BT	12	4,66±0,265 ^d
BB	12	7,54±0,142 ^b
BP	12	8,01±0,549 ^a
BR	12	6,90±0,286 ^c
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	6,58±1,376 ^b
30	12	7,02±1,445 ^a
60	12	6,90±1,813 ^a
90	12	6,60±1,359 ^b
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Lactobacillus spp.'nin hücre duvarı ve hücre zarını oluşturan makromoleküllerdeki farklılığın, hücreleri gıdaların üretiminde kullanılan teknolojik streslere karşı koruyabildiği belirtilmiştir. Matriksin pH değerinin düşük olması ve *L. casei*'nin hücre duvarında bulunan yağ asitlerinde ortaya çıkan değişimlerin bakteri hücrelerini koruduğu belirtilmektedir (Fozo vd., 2004; Ostadzadeh vd., 2022).

Depolama süresi boyunca, *Lactobacillus* spp. sayısının 60. güne (6,90 log₁₀ kob/g) kadar arttığı ve daha sonra depolama sonunda azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Yayıklama işlemi sırasında, bakteri hücrelerinin mekanik strese maruz kalması ve karıştırma sırasında uygulanan kuvvetlerin kayma gerilimi oluşturması ile hücre parçalanması sonucunda bakteri sayısının azaldığı belirtilmektedir (Ewe & Loo, 2016).

Süt yağı ve palm oleininin karışımını içeren sürülebilir süt yağı esaslı formülasyonlarda *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12 sayısının, 28 gün depolama süresince, 8-9 log₁₀ kob/g olduğu ve dolayısı ile *B. animalis* subsp. *lactis* Bb-12'nin gelişimi için, bu emülsiyon sisteminin uygun bir matriks olduğu dos Santos vd. (2020) tarafından bildirilmiştir.

Emülgatör olarak peynir altı suyu konsantresinin ilave edildiği süt yağı esaslı sürülebilir emülsiyonlarında, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* La-5 ve *B. animalis* BB-12 sayılarının terapötik seviyelerde korunduğu saptanmıştır. Lesitin içeren süt yağı emülsiyon sisteminde ise, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* La-5 ve *B. animalis* BB-12'nin sayılarının düşük olması, bu bakterilerin gelişimi için gerekli olan karbon kaynağının yetersiz olması ile açıklanmıştır (Toczek vd., 2022).

Probiyotik bakteri (*L. acidophilus* ve *B. bifidum*) içeren tereyağında, depolama süresi boyunca *Lactobacillus* spp. sayısının değişmediği ve yüksek oranlarda tespit edildiği Erkaya vd. (2015) tarafından bildirilmiştir.

Silva vd. (2023), probiyotik kültür (*L. paracasei*, *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus*) içeren tereyağlarında, *Lactobacillus* spp. sayılarının depolama süresinin 30. gününe kadar arttığı, ancak 90. gününde azaldığını, probiyotik tereyağlarında depolama sonuna kadar *Lactobacillus* spp. sayılarının >7 log₁₀ kob/g olduğunu belirtmektedirler.

Sığır kolostrumundan izole edilmiş *L. casei* içeren tereyağı örneklerinde 4°C'de, depolama süresinin 74. gününe kadar, probiyotik *L. casei* sayısının ≥6 log₁₀ kob/g olarak tespit edildiği Bellinazo vd. (2019) tarafından belirtilmektedir.

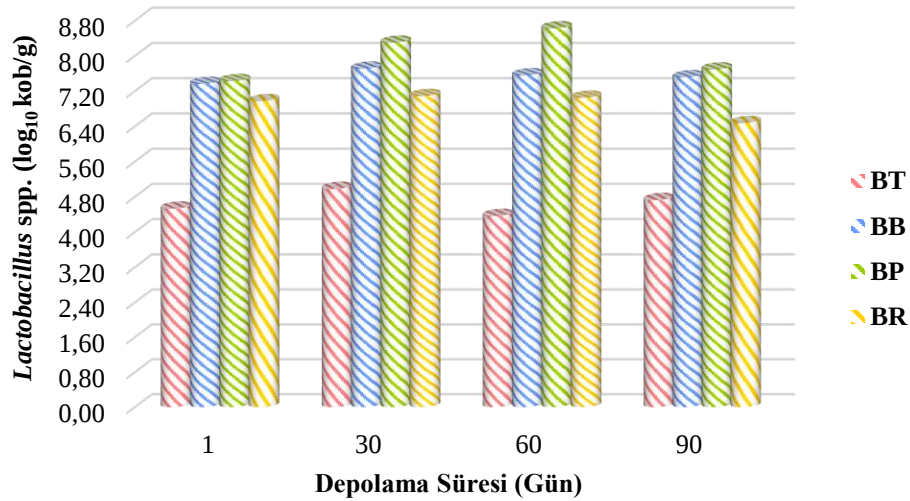
Lactobacillus spp.'nin lipaz ve esteraz aktiviteleri sonucunda trigliseritlerin hidrolizi ile meydana gelen yağ asitlerinin *Lactobacillus* spp.'nin gelişimini desteklediği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Choi vd., 2004; Endo vd., 2006; Flores & Toldrá, 2011; Ewe & Loo, 2016).

Lactobacillus spp.'nin hücre duvarlarının, dayanıklı ve elastik özellik gösteren peptidoglikan yapıda olmasının, yayıklama sırasında bakterileri mekanik kuvvetlere karşı

koruyabileceği ve bununla birlikte üründe yüksek sayılarda bulunduğu Koch & Woeste (1992) tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, kayma gerilimine maruz kalan bakterilerin, tereyağında sayılarının yüksek olmasının aynı zamanda, gastrointestinal kanalda da iyi tutunabileceği anlamını da taşıyarak, sağlığı iyileştirici bir etki sunabileceği de belirtilmektedir (Lecuyer vd., 2011; Ferreira vd., 2020).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactobacillus* spp. sayılarındaki değişim Şekil 4.16’da verilmiştir.

Yüksek miktarda süt yağı içeren ürünlerin üretiminde şekillenen lipit kristallerinin, gıda matrisine fiziksel stabilite kazandırarak, bakterilerin canlılıklarının korunabileceği Pedrozo vd. (2012) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 4.16. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin *Lactobacillus* spp. sayılarındaki değişim grafiği

Maya ve küfler üretim sırasında, kullanılan alet ve ekipmanlar, hava, personel ve ambalaj malzemeleri ile ürünlere taşınmaktadır. Maya ve küflerin varlığı, hijyen, sanitasyon ve gıda güvenliği ile ilgili eksikliklerden ortaya çıkmakta ve bozulmanın yanı sıra halk sağlığında risk oluşturabilecek ikincil metabolitlerin de oluşumuna neden olabilmektedir (Memisi vd., 2019). Lipolitik etkiye sahip maya ve küflerin yağ oranı yüksek olan ürünlerde bulunması, bu ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinde değişikliğe neden olarak raf ömrünü de sınırlandırmaktadır (Sorhaug, 2011).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarındaki değişim Çizelge 4.29'da verilmiştir. BT, BB, BP ve BR örneklerinin depolama süresi boyunca maya-küf sayısı 1,00-5,45 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. Maya-küf sayılarının ortalama değerleri incelendiğinde, en yüksek 5,31 log₁₀ kob/g ile 90. günde ve en düşük ise 1,87 log₁₀ kob/g ile 1. günde olduğu belirlenmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir. Örneklerin varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde maya-küf sayılarının örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonları açısından p<0,01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarına ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Maya-Küf (log ₁₀ kob/g)
BT	12	3,81±1,497 ^{ab}
BB	12	3,87±1,208 ^a
BP	12	3,33±1,404 ^c
BR	12	3,66±1,879 ^b
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	1,87±0,622 ^d
30	12	3,66±0,746 ^c
60	12	3,84±0,736 ^b
90	12	5,31±0,112 ^a
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

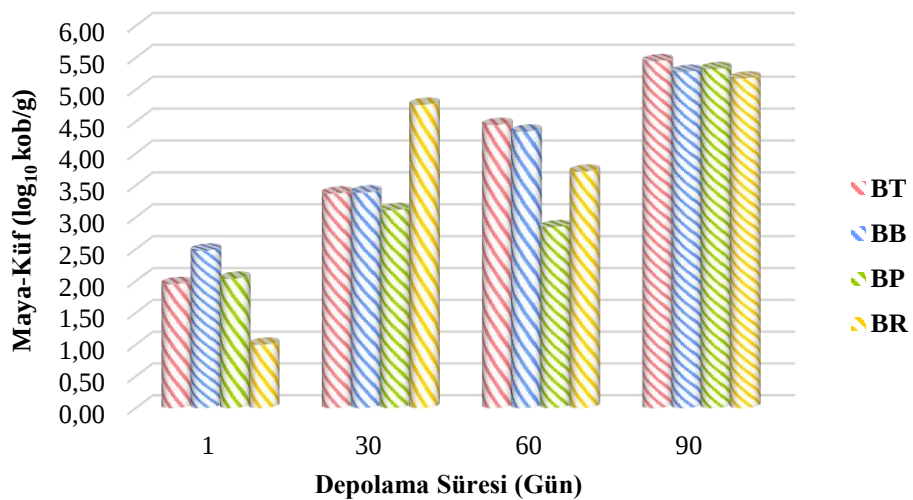
Fermantasyon ile raf ömrü uzun, karakteristik tat, aroma ve yapıya sahip süt ürünleri üretilmektedir. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin, maya-küf sayısı en yüksek 3,87 log₁₀ kob/g ile BB örneğinde tespit edilirken, en düşük 3,33 log₁₀ kob/g ile BP örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

BT, BB, BP ve BR örneklerinin depolama süresi boyunca en düşük maya-küf sayısının 1,87 log₁₀ kob/g ile 1. güne, en yüksek maya-küf sayısının ise 5,31 log₁₀ kob/g ile 90. güne ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.32).

Probiyotik bakteri (*L. acidophilus* ve *B. bifidum*) içeren tereyağında maya-küf sayılarının, depolama süresine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve depolama süresince arttığı Erkaya vd. (2015) tarafından da belirtilmiştir.

Kefir kültürü içeren tereyağındaki maya-küf sayısının, aromatik ve probiyotik kültür (*L. paracasei*, *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus*) içerenlere göre daha yüksek olduğu Silva vd. (2023) tarafından bildirilmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin depolama süresi boyunca maya-küf sayılarındaki değişim Şekil 4.17’de verilmiştir.

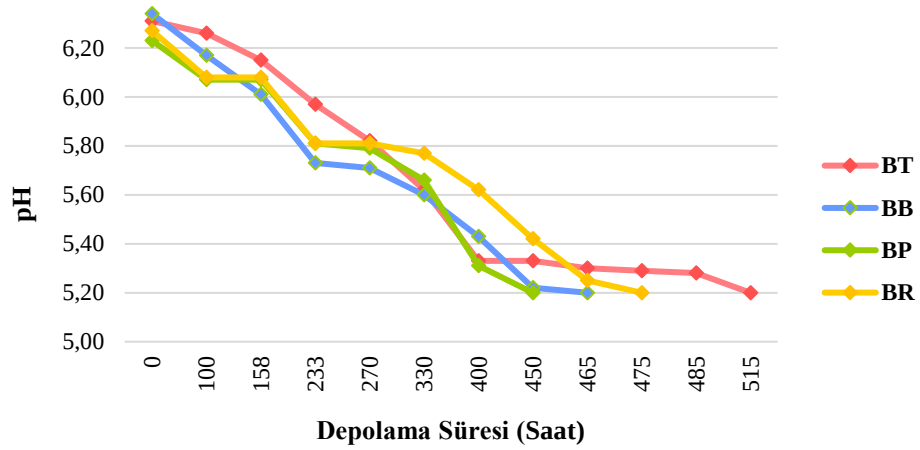


Şekil 4.17. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin maya-küf sayılarındaki değişim grafiği

4.2.2. Fermantasyon ve depolama süresince pH değişimi

In vitro ve *in vivo* ortamlarda özellikleri tanımlanmış starter kültürlerin fermantasyon ve asit üretme yetenekleri teknolojik etki yaratan önemli nitelikleri arasında sayılabilmektedir. Fermente ürünlerdeki biyodönüşümler bir dizi metagenomik ve enzimatik reaksiyonları içermektedir. Fermantasyon sırasında laktik asit, hidrojen peroksit, diasetil, asetaldehit ve peptidler gibi metabolitlerin üretimine bağlı olarak pH değerleri azalmaktadır (Papagianni, 2012; Coelho vd., 2022).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretiminde kullanılan kremanın fermantasyonu süresince pH'da meydana gelen değişime ait grafik Şekil 4.18'de verilmiştir. Örneklerin inkübasyonu üretime uygun olarak pH 5,20'de sonlandırılmış ve örneklerin fermantasyon süresi BT; 515 dakika (8 saat 35 dakika), BB; 465 dakika (7 saat 45 dakika), BP; 450 dakika (7 saat 30 dakika) ve BR; 475 dakika (7 saat 55 dakika) olarak tamamlanmıştır.



Şekil 4.18. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretiminde kullanılan fermente kremaya ait pH profili

Ferreira vd. (2020), geleneksel tereyağı üretiminde starter kültür ve probiyotik tereyağı için ise *L. casei*, *L. plantarum* ve *L. paracasei* (1:1:1) karışık kültürü kullandıkları çalışmada probiyotik kültür içeren örneklerdeki asitlik düzeylerinin hızlı bir şekilde arttığını ve fermantasyon süresince de bu artışın aynı paralellikte devam ettiğini belirtmişlerdir. Aromatik starter kültür ve probiyotik kültürün birlikte kullanımının

sinerjik etki göstererek örneklerde daha düşük pH değerleri ve daha yüksek titrasyon asitliğine sebep olduğu saptanmıştır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin depolama süresi boyunca pH değerleri Çizelge 4.33’ de verilmiştir. Örneklerle ait pH değerleri 4,27-5,05 arasında değişmiştir. Ortalama pH değerleri incelendiğinde ise, en düşük pH 4,52 ile 90. günde, en yüksek pH 4,99 ile 1. günde tespit edilmiştir. Örneklerin depolama süresi boyunca pH profillerinde değişiklikler meydana geldiği ve tüm örneklerde post-asidifikasyon boyunca pH değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Örneklerin pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerine ait varyans analizine göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu değerlendirmelerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$).

Çizelge 4.33. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerindeki değişim

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	pH			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90
BT	5,03	4,78	4,88	4,82
BB	4,94	4,51	4,43	4,49
BP	4,95	4,45	4,39	4,27
BR	5,05	4,75	4,58	4,47
Minimum	4,94	4,45	4,39	4,27
Maksimum	5,05	4,78	4,88	4,82
Ortalama	4,99	4,62	4,57	4,52

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Örneklerin LSD karşılaştırma testi sonuçlarında, örnek çeşidi açısından en düşük pH değeri BP örneğinde (4,52) ve en yüksek pH değeri ise BT örneğinde (4,88) saptanmıştır. Depolama süresince, örneklerin pH değerlerinde de farklılıklar tespit edilmiş ve en düşük

pH değeri 90. günde (4,52) ve en yüksek pH değeri ise 1. günde (4,99) belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Süt yağı emülsiyonlarına *S. thermophilus* ile birlikte ilave edilen, *L. acidophilus* La-5 ve *B. animalis* BB-12'nin protein varlığında laktik asit ve diğer organik asitlerin üretimi ile pH değerlerinde azalma meydana geldiği Toczek vd. (2022) tarafından belirtilmektedir.

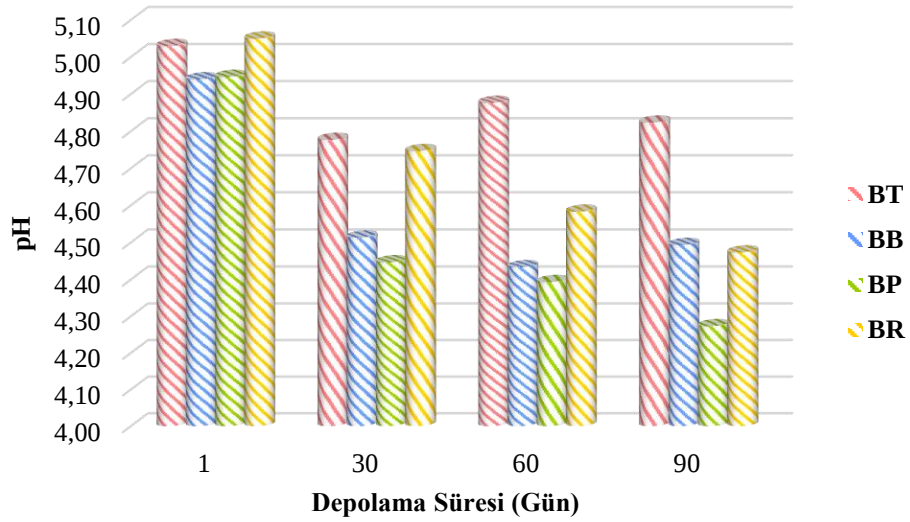
Tereyağı örneklerinin pH değerlerinin, probiyotik bakterilerin (*B. bifidum* ve *L. acidophilus*) eklenmesi ile depolama süresine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği Erkaya vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada saptanmıştır. pH düzeylerindeki bu azalma, laktik asit bakterilerinin depolama sırasında fermantasyon yeteneklerinin devam etmesine bağlı olarak gerçekleştiği bildirilmiştir.

Çizelge 4.34. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	pH
BT	12	4,88±0,110 ^a
BB	12	4,60±0,232 ^c
BP	12	4,52±0,297 ^d
BR	12	4,71±0,251 ^b
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	4,99±0,056 ^a
30	12	4,62±0,165 ^b
60	12	4,57±0,219 ^c
90	12	4,52±0,228 ^d
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerine ait değişim grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin pH değerlerindeki değişim grafiği

4.2.3. Titrasyon asitliği

Taze üretilmiş tereyağı ve süt yağı esaslı ürünlerin tat ve aroması, optimum asitlik düzeyinde, yabancı tat/aroma içermeyen ve süt tadında olmalıdır. Üretim yöntemi, fermentasyon, kristalizasyon derecesi, kullanılan kültür ve içerdiği bakteriler ile depolama şartları süt yağının asitliğini ve raf ömrünü etkilemektedir (Ceylan & Ozcan, 2020).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait titrasyon asitliği sonuçları Çizelge 4.35’de verilmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği değerleri % 0,34-0,47 arasında değişmiştir. Örneklerin pH değerleri (bkz. 4.2.2) ile titrasyon asitliği düzeyleri arasında korelasyon bulunması ile birlikte ortalama titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, en düşük % 0,36 (30. gün) ve en yüksek % 0,41 (90. gün) olarak tespit edilmiştir. Genel olarak, tüm örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.35. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Titrasyon Asitliği (%)			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90
BT	0,40	0,36	0,38	0,38
BB	0,37	0,34	0,40	0,39
BP	0,37	0,36	0,40	0,47
BR	0,40	0,37	0,40	0,43
Minimum	0,37	0,34	0,38	0,38
Maksimum	0,40	0,37	0,40	0,47
Ortalama	0,38	0,36	0,40	0,41

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir. Değerlendirme sonucunda örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonu açısından önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$).

LSD karşılaştırma testi sonuçlarına göre, titrasyon asitliği değerleri en düşük kontrol örneği BT ve *L. brevis* içeren BB örneklerinde (% 0,38), en yüksek ise *L. paracasei* içeren BP ve *L. rhamnosus* içeren BR örneklerinde (% 0,40) belirlenmiştir. Tereyağı kültüründe bulunan (*Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *cremoris*, *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leu. mesenteroides* subsp. *cremoris*) bakterileri ile Mihaliç peynirinden izole edilen *L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* arasındaki eş zamanlı gelişme/aktivite ve metabolomik etkileşimlere bağlı olarak değişen fermantasyon ve oluşan metabolitlerin çeşit/oranlarının gelişen asitlik üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliğindeki değişimin LSD testi sonuçları (%)

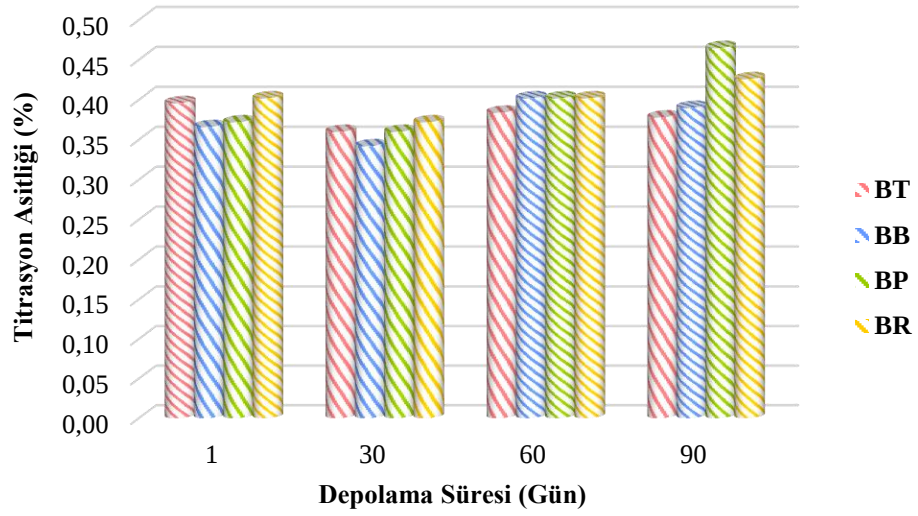
Örnek Çeşidi	N	Titrasyon Asitliği (%)
BT	12	0,38±0,015 ^b
BB	12	0,38±0,027 ^b
BP	12	0,40±0,047 ^a
BR	12	0,40±0,022 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	0,38±0,018 ^b
30	12	0,36±0,012 ^c
60	12	0,40±0,009 ^b
90	12	0,41±0,039 ^a
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin depolama süresinde titrasyon asitliği artmış ve en yüksek 90. günde (% 0,41) tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Krema fermentasyonunda *S. thermophilus* ve *L. plantarum*'un tek ve karışık kültür olarak kullanıldığı bir çalışmada, krema örneklerinin tamamında, farklı sıcaklık ve inokülasyon oranlarında asitliğin değiştiği belirtilmektedir (Angelline vd., 2018).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerine ait değişim grafiği Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim grafiği

4.2.4. Serbest yağ asitliği

Süt sağımından hemen sonra, az miktarlarda di-/monoasilglikoller ve serbest yağ asitlerini içermektedir. Ancak, depolama sırasında triasilgliserollerin ester bağlarının enzimatik hidrolizi bu oranı önemli ölçüde arttırmaktadır. Triasilgliserollerin enzimatik hidrolizasyonu, lipoliz olarak adlandırılmakta ve doğal süt enzimi olan lipoprotein lipazın veya bakteriyel lipazların etkisi ile meydana gelmektedir (Taylor & MacGibbon, 2002; Walstra vd., 2006; Ray vd., 2013). Süt yağının hidrolizasyonu veya lipaz enziminin etkisi ile katalize edilen lipoliz, süt, krema ve yağ içeren çeşitli süt ürünlerinde tat kusurlarına neden olabilmektedir. Lipoliz sonucunda, özellikle hoş olmayan tatlara sahip kısa zincirli serbest yağ asitleri (bütirik asit ve kaprilik asit) oluşmaktadır. Oluşan bu tatlar genellikle "sabunsu", "ekşimiş", "bütirik", "acı", "kirli" ve "büzücü/yakıcı" olarak tanımlanmaktadır (Couvreur vd., 2006; Deeth & Fitz-Gerald, 2006; Méndez-Cid vd., 2017).

Ortamda bulunan serbest yağ asitlerinin miktarı, 1 g tereyağındaki serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gereken KOH (mg) miktarı olarak tanımlanmaktadır. Fermente olmamış sütlerde süt yağının serbest yağ asitliği miktarının % 0,10-0,44 arasında olduğu Hillbrick & Augustin, (2002) tarafından belirtilmiştir. Tereyağında bu değerin 1,8 mg

KOH/g yağa ulaşmasının, hissedilir bir tat değişikliğine neden olduğu da belirtilmektedir (Atamer, 1993).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin serbest yağ asitliği değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. Örneklerin serbest yağ asitliği değerlerinin % 0,82-1,37 arasında değiştiği, ortalama değerler açısından ise, en düşük % 0,93 ile 1. günde ve en yüksek değer ise % 1,15 ile 60. ve 90. günlere ait olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.37. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin serbest yağ asitliği değerlerindeki değişim

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Serbest Yağ Asitliği (%)			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90
BT	0,86	0,82	1,05	1,05
BB	0,82	0,88	1,01	1,08
BP	0,86	0,95	1,20	1,12
BR	1,16	1,23	1,35	1,37
Minimum	0,82	0,82	1,01	1,05
Maksimum	1,16	1,23	1,35	1,37
Ortalama	0,93	0,97	1,15	1,15

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir. Değerlendirme, örnek çeşidi ve depolama süresi açısından $p<0,01$ düzeylerinde önemli, örnek çeşidi x depolama süresi etkileşiminin ise önemsiz olduğu saptanmıştır ($p>0,05$).

LSD testi sonuçlarına göre, serbest yağ asitliği değerleri en yüksek *L. rhamnosus* içeren BR (% 1,28) örneği ve en düşük ise kontrol BT (% 0,94) ve *L. brevis* içeren BB (% 0,95) örneklerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

Fermantasyon sırasında LAB'nin süt yağını, serbest yağ asitlerine hidrolize etmesi ile örneklerin asit değerinin arttığı Seo (2023) tarafından belirtilmiştir. Farklı sürelerde fermente edilen kremalardan üretilen tereyağlarında, fermantasyonunun uzaması ile serbest yağ asitlerinin oluşumunun bir göstergesi olan örneklerin asit değerinin arttığı ve LAB sayıları ile doğrusal bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Krema fermantasyonunda *S. thermophilus* ve *L. plantarum*'un tek ve karışık kültür olarak kullanıldığı bir çalışmada, fermantasyon sıcaklığının artması ile birlikte serbest yağ asitliği miktarlarının da arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu mikroorganizmaların kombinasyon halinde fermantasyonunda, tek kültür olarak kullanımına göre daha iyi sonuçlar elde edildiği saptanmıştır (Angelline vd., 2018).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin depolama süresinde, en yüksek serbest yağ asitliğinin 60. ve 90. günlerde (% 1,15), en düşük değerlerin ise 1. (% 0,93) ve 7. (% 0,97) günlerde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.38).

dos Santos vd. (2020) farklı oranlarda süt yağı ve palm oleininden hazırladıkları emülsiyonlarda, serbest yağ asitliği değerlerinin % 0,1-0,2 arasında değiştiğini ve bu emülsiyonların depolama süresince stabilitesini koruduğunu belirtmişlerdir.

Probiyotik *L. casei* içeren tereyağı örneklerinde depolama süresi boyunca asit değerlerinin arttığı Bellinazo vd. (2019) tarafından belirtilmiştir.

Tereyağı örneklerinde serbest yağ asitliği değerlerinin 3,3 mg KOH/g yağ'dan yüksek olduğunda, panelistlerin % 59'unun tereyağı örneklerini ekşimiş veya bozulmuş olarak tanımladıkları Atamer & Sezgin (1993) tarafından belirtilmiştir. Deeth & Fitz-Gerald (2006), serbest yağ asitliği değerinin süt ve krema için 1,5-2,0 ADV (meq/100 g yağ), tereyağı için 0,75-2,8 ADV (meq/100 g yağ) arasında olduğunu bildirmektedirler.

Yağda gelişen asitliğin, hammadde kalitesi, üretim koşulları, depolama ve yağın biyokimyasal yapısından önemli ölçüde etkilendiği belirtilmiştir (Farhoosh vd., 2009; Bellinazo vd., 2019).

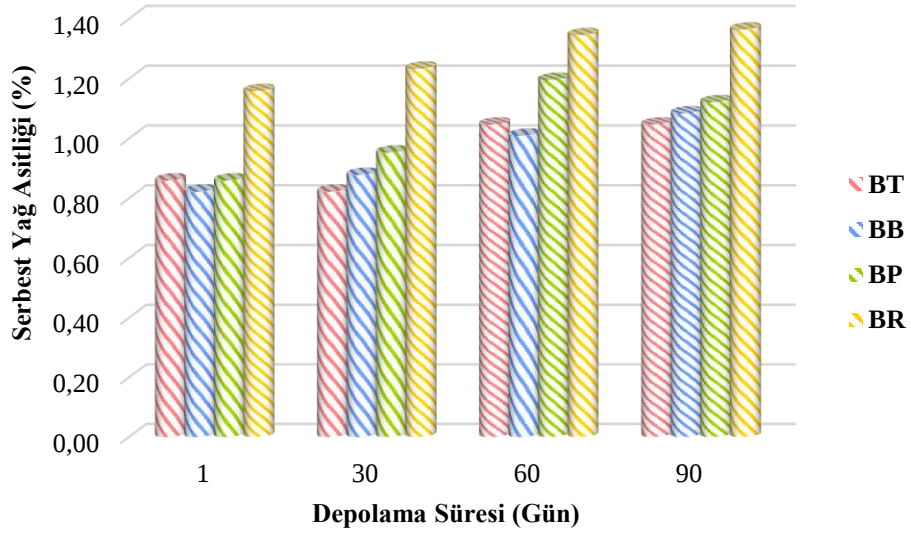
Çizelge 4.38. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin serbest yağ asitliğindeki değişimin LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Serbest Yağ Asitliği (%)
BT	12	0,94±0,120 ^c
BB	12	0,95±0,120 ^c
BP	12	1,03±0,154 ^b
BR	12	1,28±0,097 ^a
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	0,93±0,157 ^b
30	12	0,97±0,183 ^b
60	12	1,15±0,154 ^a
90	12	1,15±0,144 ^a
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Doymamış yağ asitleri, içerdiği çift bağlar nedeni ile oksidasyona karşı hassastır. Bu yağ asitlerinde meydana gelen yüksek oranlardaki bozunma süt yağı esaslı ürünlerin raf ömrünü kısıtlamakta, kötü tat ve aromaya neden olmaktadır. Oto-oksidasyon, sütte esas olarak oleik, linoleik ve linolenik asitler ile ilgili bir serbest radikal zincir reaksiyonudur (O'Brien & O'Connor, 2011; Yatsenko vd., 2020). Reaksiyon, kararsız yapıda ve doymamış alifatik ketonlar ve aldehitler gibi peroksitlerin oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Bu bileşikler, "donyağı", "balık", "metalik" ve "karton benzeri" olarak tanımlanmaktadır (Walstra vd., 2006). Ayrıca pro-oksidanlar (bakır ve demir), süte uygulanan yüksek sıcaklıktaki ısıtma işlemleri, ışık ve oksijen varlığı da oksitlenmiş kötü tatların gelişimini hızlandırmaktadır (O'Brien & O'Connor, 2011; Yatsenko vd., 2020).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinde serbest yağ asitliği miktarlarındaki değişim Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin serbest yağ asitliğine ait değişim grafiği

4.2.5. Peroksit sayısı

Lipid oksidasyonu, yağ oranı yüksek işlenmiş gıdaların görünüş, tekstür ve aromalarında meydana gelen değişikliklerin yanı sıra, toksik bileşiklerin oluşumu ile de kalite kayıplarına neden olmaktadır. Reaksiyon mekanizmalarına ve çeşitli faktörlere bağlı olarak, otoksidasyon, foto-oksidasyon ve enzimatik oksidasyon bu oluşumu hızlandırmaktadır (Delgado vd., 2009; Ahmed vd., 2016).

Lipid oksidasyonu birçok iç ve dış faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir. Yağ asidi profili/bileşimi lipid oksidasyonunu etkileyen iç faktörlerdendir. Buna karşılık sıcaklık, ışık, nem, oksijen, aktivatör ve inhibitörler ise dış faktörleri oluşturmaktadır. Oksidasyon ile meydana gelen değişikliklerin tespit edilmesi, raf ömrü analizlerinde temel kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Abeyrathne vd., 2021).

Lipid oksidasyonu sonucunda meydana gelen ürünler ile oksidasyon düzeyi belirlenmektedir. Bu ürünlerden peroksitler ve hidroperoksitler birincil, aldehitler,

ketonlar, epoksitler, alkoller, hidroksi bileşikler, oligomerler ve polimerler, lipid oksidasyonunun derecesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan ikincil bileşiklerdendir (Kunyaboon vd., 2021).

Gıdalarda birincil bileşiklerin tespit edilme yöntemlerinden birisi peroksit değerinin saptanmasıdır. Birincil ürünlerin miktarları, gıdanın katalizörlere maruz kaldığını veya daha fazla işlendiğini ve erken aşamada gerçekleşen lipid oksidasyonunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Abeyrathne vd., 2021). Erken aşamada oluşan kararsız yapıdaki peroksitler, kolaylıkla ketonlar, aldehitler, alkoller vb. gibi ikincil ürünlere de dönüşebilmektedir (Kong & Singh 2016; Abeyrathne vd., 2021).

Bellinazo vd. (2019)'nin yaptığı çalışmada probiyotik (*L. casei*) tereyağı örneklerinde depolama süresi ile peroksit sayısının ve asit değerlerinin arttığı bildirilmiştir.

Bu tez çalışmasında farklı kültür kombinasyonları kullanılarak üretilen süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde, peroksit değeri tespit edilmemiştir. Peroksit değerinin tespit edilmediği benzer sonuçlar literatürlerde bulunmaktadır (Laikoja vd., 2017; Ziarno vd., 2023). Üretimin gıda güvenliği şartlarında gerçekleştirilmesi, vakum ambalajda muhafaza, raf ömrü sırasında depolama sıcaklığının kontrolü, ışıktan koruma, kontrollü fermantasyon ve probiyotik bakterilerin düşük asitlik geliştirme yeteneklerinin peroksitlerin oluşumunu engellediği ve bu nedenle peroksit sayısı değerinin belirlenemediği düşünülmektedir.

4.2.6. Bileşim özellikleri

Tereyağı ve tereyağına alternatif ürünler fiziksel olarak, yağ kürecikleri, yağ kristalleri, hava kabarcıkları ve su damlacıklarından oluşmaktadır. Tüm bu yapılar ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli rol oynamaktadır (Mortensen, 2011).

Mihaliç peynirinden izole edilen bakteriler (*L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus*) ve karışık kültür kullanılarak üretilen, süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin bazı bileşim özelliklerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Örneklerin kurumadde miktarlarının incelenmesi ile en düşük kurumadde içeriği BP örneği (% 66,61) ve daha yüksek kurumadde içeriği ise BT (% 71,11) ve BR (% 70,61) örneklerinde tespit edilmiştir. Fermente süt örneklerinin kül miktarlarında ise, farklılık saptanmamıştır (Çizelge 4.39).

Probiyotik tereyağlarının (*B. bifidum* *L. acidophilus*) kurumadde miktarlarında fark olmasına rağmen yağ miktarları arasında anlamlı bir fark olmadığı Erkaya vd. (2015) tarafından belirtilmiştir.

İzole bakteri içeren örneklere ait yağ miktarlarının (BB, BP ve BR), kontrol BT (% 70,46) örneğinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.39).

Tatlı krema, aromatik ve kefir kültürleri kullanılarak hazırlanan tereyağı örneklerinin % 80'den daha fazla yağ içeriğine sahip olduğu, ancak probiyotik mikroorganizma (*L. brevis*, *P. pentosaceus*, *N. arbecensis* ve *L. pentosus*) içeren tereyağı örneklerinde, toplam kurumadde ve yağ içeriğinin önemli ölçüde daha düşük değerlere sahip olduğu Ostadzadeh vd. (2022) tarafından belirtilmiştir.

Ferreira vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada, kontrol örneğinin nem ve kurumadde içeriğinin probiyotik tereyağlarına göre daha yüksek, yağ içeriğinin ise, daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

L. helveticus içeren tereyağının yağ ve nem miktarlarındaki farklılıkların, tereyağının mikro yapısından etkilendiği Ewe & Loo, (2016) tarafından belirtilmektedir.

Çizelge 4.39. Süt yağı esaslı ürünlerin bazı bileşim özelliklerine ait LSD testi sonuçları

Bileşim	BT	BB	BP	BR	p
Kurumadde (%)	71,11 ^a	67,84 ^b	66,61 ^c	70,61 ^a	**
Kül (%)	0,28 ^a	0,24 ^a	0,21 ^a	0,19 ^a	Önemsiz
Yağ (%)	70,46 ^a	67,00 ^b	66,01 ^b	65,05 ^b	**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Yüksek kurumadde içeriği, özellikle tereyağı granüllerinin etrafındaki proteinlerin su ile interaksiyona girmesi ile yoğurma sırasında, yayıkaltı suyunun salınımını engellemektedir. Geleneksel yöntem ile üretilen tereyağlarının daha fazla nem içeriğine sahip olması, işleme ekipmanları ve farklı üretim koşullardan kaynaklanmaktadır (Ostadzadeh vd., 2022).

Tereyağı ve alternatif ürünlerin üretim yöntemleri nedeni ile mikro yapılarında farklılıklar meydana gelmekte ve bu durum ürünlerin kimyasal yapılarına da yansımaktadır (Ziarno vd., 2023). Tereyağı ve krema benzeri ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (su içeriği ve su damlacık boyutu ile sertlik ve sürülebilirlik gibi dokusal ve reolojik özellikler dahil) bu ürünlerin fonksiyonellik karakteristiklerini belirlemektedir (Ronholt vd. 2012; Lapcikova vd., 2022; Ziarno vd., 2023). Su içeriği bu ürünlerin kalitesi ile doğrudan bağlantılıdır. Çalışmalarda da belirtildiği gibi, su içeriği, mümkün olduğu kadar küçük su damlacıkları şeklinde ve yapıda eşit dağılımı amaçlayan malakse işleminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi ile sağlanmaktadır (Funahashia & Hariuchi, 2008; Ronholt vd., 2014). Ürünün su içeriği arttığında, su damlacıkları arasında interaksiyon meydana gelerek tereyağların tekstürel stabilitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Benzer etkiler tereyağı alternatif ürünlerinde de tespit edilmiştir (Van Dalen, 2002).

Probiyotik mikroorganizma içeren tereyağı örneklerinin yayıklama süresinin diğer tereyağı örneklerine göre daha uzun sürdüğü Ostadzadeh vd. (2022) tarafından bildirilmiştir. Yayıklama süresinde, tereyağı granüllerinin oluşturulmasının, yağ globüllerinin flokülasyon hızına bağlı olduğu ve bu süreçte, tereyağı granül özellikleri ve

boyutlarının ampirik olarak kontrol edildiği belirtilmiştir. Yayıklama işleminde, yüksek miktarlarda bulunan doymamış yağ asitlerinin, parçacıkları birbirine yapıştırarak granüllerin bir araya gelmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir. Probiyotik tereyağı örneklerinin daha düşük miktarda yağ asitleri içermesi ile yayıklama süresinin uzadığı, yayıklama sırasında daha az yayık altı suyunun ayrıldığı ve sonuç olarak ürünlerin daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu belirtilmektedir. Düşük yağ oranının, ayrıca kremanın yayıklanması sırasında, yayıklama makinasının duvarlarına yapışan yağ kayıpları ile de açıklanabileceği belirtilmiştir. Kremadaki doymamış yağ asitlerinin yüksek miktarının da, yağın ekipmanın duvarlarına yapışmasını arttırdığı Ostadzadeh vd. (2022) tarafından bildirilmektedir.

4.2.7. Renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , WI^* , YI^* ve ΔE^*)

Renk, lezzet/tekstür algısını etkileyen, doğal ve sağlıklı gıda beklentileri ile tüketici tercihlerini belirleyen önemli bir özelliktir. Tereyağı ve süt yağı esaslı ürünlerin tüketiminde, kendine özgü, krem-sarı bir renk tüketicilerin seçim tercihlerini olumlu yönde etkileyen faktörlerden birisidir (Krause vd., 2007; Demirkol vd., 2016).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin renk özelliklerinden L^* , a^* ve b^* parametrelerine ait sonuçlar Çizelge 4.40'da verilmiştir. Örneklerin L^* parametresi değerlerinin 89,80-92,33 arasında değiştiği, ortalama değerler açısından ise, en yüksek değerin 91,56 (1. gün) ve en düşük olarak ise 91,00 (60. gün) olduğu belirlenmiştir. Örneklerle ait a^* değerlerinin -3,58 ile -3,02 arasında değiştiği, ortalama en yüksek -3,48, en düşük ise -3,22 olduğu tespit edilmiştir. b^* parametresine ait sonuçlar 14,92-16,73 arasında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en yüksek b^* değeri 90. günde (16,31) ve en düşük b^* değeri ise 1. günde (15,78) saptanmıştır.

Örneklerin L^* , a^* ve b^* parametresine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42'de verilmiştir. L^* , parametresi sonuçlarına ait varyans analizi değerlendirilmesinde, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). a^* parametresine ait varyans analizinde, örnek çeşidi ve depolama süresi interaksyonu $p<0,05$ düzeyinde önemli olarak tespit edilirken, örnek çeşidi x

depolama süresi interaksyonu açısından değerler önemsiz olarak saptanmıştır ($p>0,05$). b^* parametresi varyans analizi sonuçlarına göre ise, örnek çeşidi interaksyonunda $p<0,05$ düzeyinde önemli, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından sonuçlar önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

L^* parametresine ait LSD testi sonuçlarına göre örnek çeşidi ve depolama süresince süt yağı esaslı sürülebilir örneklerin üretimde farklı Mihaliç peyniri izole ek kültür kullanımının L^* parametresinde değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Ürün bileşimlerinin renk özelliklerini etkilediği Chudy vd. (2022) tarafından belirtilmektedir. Klepacka (2003) örneklerin su içeriği ile parlaklığın azaldığını belirtmektedir. Farklı yağ oranları (% 43-80) kullanılarak üretilen süt yağı esaslı ürünlerde kurumadde ve yağ oranının L^* , a^* ve b^* parametrelerinde farklılığa neden olduğu bildirilmiştir (Paduret vd., 2021).

Chudy vd. (2022)'de en yüksek parlaklığa sahip süt yağı ürünlerinin (en yüksek L^* değeri), en yüksek su içeriğine ve dolayısı ile düşük yağ içeriğine sahip ürün olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4.40. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin renk özelliklerindeki değişim (L^* , a^* ve b^*)

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	L^*				a^*				b^*			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90	1	30	60	90	1	30	60	90
BT	90,68	89,80	90,58	91,44	-3,02	-3,17	-3,33	-3,39	14,92	15,57	16,30	16,50
BB	92,33	91,55	90,21	91,12	-3,40	-3,44	-3,41	-3,54	16,55	16,29	16,31	16,64
BP	91,55	91,65	91,65	91,30	-3,27	-3,49	-3,58	-3,46	16,06	16,42	15,49	16,73
BR	91,68	91,16	91,55	91,42	-3,20	-3,26	-3,44	-3,52	15,60	15,37	15,68	15,36
Minimum	90,68	89,80	90,21	91,12	-3,40	-3,49	-3,58	-3,54	14,92	15,37	15,49	15,36
Maksimum	92,33	91,65	91,65	91,44	-3,02	-3,17	-3,33	-3,39	16,55	16,42	16,31	16,73
Ortalama	91,56	91,04	91,00	91,32	-3,22	-3,34	-3,44	-3,48	15,78	15,91	15,95	16,31

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.41. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin renk özelliklerindeki değişim (WI^* , YI^* ve ΔE^*)

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Beyazlık İndeksi (WI^*)				Sarılık İndeksi (YI^*)				Renk Farklılığı (ΔE^*)			
	Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)				Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90	1	30	60	90	1	30	60	90
BT	82,01	80,95	80,87	81,10	23,49	24,75	25,71	25,79	-	-	-	-
BB	81,45	81,32	80,66	80,81	25,60	25,42	25,82	26,09	2,36	1,96	0,82	0,45
BP	81,55	81,25	82,02	80,83	25,06	25,60	24,15	26,18	1,50	2,09	1,64	0,44
BR	82,02	81,96	81,86	82,04	24,31	24,09	24,46	24,00	1,23	1,46	1,17	1,34
Minimum	81,45	80,95	80,66	80,81	23,49	24,09	24,15	24,00	1,23	1,46	0,82	0,44
Maksimum	82,02	81,96	82,02	82,04	25,60	25,60	25,82	26,18	2,36	2,09	1,64	1,34
Ortalama	81,76	81,37	81,35	81,20	24,61	24,96	25,04	25,51	1,70	1,84	1,21	0,75

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Örneklerin a^* parametresine ait LSD-karşılaştırma testi sonuçlarına göre örnek çeşidinde en yüksek değerin -3,45 ile BB ve BP örneğinde ve en düşük renk değerinin -3,23 ile BT örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Örneklerin depolama süresi sonuçlarına göre en a^* değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Akgul vd. (2021) Trabzon tereyağlarının yağ içeriklerinin L^* ve a^* parametreleri ile negatif ilişki, nem içerikleri ve Reichert-Meissl sayısı ile pozitif ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Ferreira vd. (2020) probiyotik kültür (*L. casei*, *L. plantarum* ve *L. paracasei*) kullanılarak üretilen tereyağlarının L^* değerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Örneklerin b^* parametresine ait LSD karşılaştırma testi sonuçlarına göre, örnek çeşidinde en yüksek b^* değeri BB örneğinde (16,45) ve en düşük b^* değeri ise BR örneğinde (15,50) belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca, en yüksek b^* değerinin 90. güne (16,31) ve en düşük b^* değerinin ise 1. güne (15,78) ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Farklı probiyotik mikroorganizmalar kullanılarak üretilen tereyağı örneklerinin, L^* , a^* ve b^* parametreleri açısından farklılıklar belirlenmiştir. Tereyağı örneklerinde depolamanın 60. gününden sonra L^* değerlerinin azaldığı, depolama sonunda b^* değerlerinin ise daha yüksek olarak belirlendiği Silva vd. (2023) tarafından saptanmıştır.

Renk parametrelerinden b^* (+) değeri sarı rengi ifade etmektedir. Sütte karoten miktarı, doğru orantılı olarak b^* (+) değerinin artmasına neden olmaktadır (O'Callaghan vd., 2016; Akgul vd., 2021).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin temel renk parametrelerine (L^* , a^* ve b^*) ait sonuçlar kullanılarak WI^* , YI^* ve ΔE^* değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.41'de verilmiştir. Örneklerle ait WI^* sonuçları 80,66-82,04 arasında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en yüksek WI^* değeri 81,76 (1. gün) ve en düşük WI^* değeri ise 81,20 (90. gün) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.42. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin L^* , a^* ve b^* parametrelerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	L^*	a^*	b^*
BT	12	90,62±0,671 ^a	-3,23±0,164 ^b	15,82±0,724 ^{bc}
BB	12	91,30±0,882 ^a	-3,45±0,065 ^a	16,45±0,173 ^a
BP	12	91,54±0,166 ^a	-3,45±0,130 ^a	16,18±0,531 ^{ab}
BR	12	91,45±0,220 ^a	-3,35±0,151 ^{ab}	15,50±0,159 ^c
Depolama Süresi (Gün)				
1	12	91,56±0,680 ^a	-3,23±0,158 ^b	15,78±0,692 ^b
30	12	91,04±0,854 ^a	-3,34±0,152 ^{ab}	15,91±0,520 ^{ab}
60	12	91,00±0,712 ^a	-3,44±0,103 ^a	15,95±0,422 ^{ab}
90	12	91,32±0,148 ^a	-3,48±0,071 ^a	16,31±0,637 ^a
Örnek Çeşidi		Önemsiz	*	*
Depolama Süresi		Önemsiz	*	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
 (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

YI^* değerleri 23,49-26,18 arasında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, en yüksek YI^* değeri 90. günde (25,51) ve en düşük YI^* değeri ise 1. günde (24,61), saptanmıştır (Çizelge 4.40). Örneklerin ΔE^* değerleri 0,82-2,36 arasında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde, en yüksek ΔE^* değerinin 30. günde (1,84) ve en düşük ΔE^* değerinin 90. günde (0,75) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.41).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin WI^* , YI^* ve ΔE^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir. Örneklerin WI^* parametresi, örnek çeşidi (p<0,01), ve depolama süresi açısından (p<0,05) önemli, örnek çeşidi x depolama süresi etkileşimini açısından ise önemsiz olarak belirlenmiştir. YI^* parametresi, örnek çeşidi olarak p<0,01, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi etkileşiminde p<0,05 düzeylerinde önemli bulunmuştur. ΔE^* , örnek çeşidi açısından önemsiz (p>0,05),

depolama süresi $p<0,01$ ve örnek çeşidi x depolama süresi açısından $p<0,05$ düzeylerinde önemli olarak tespit edilmiştir.

Örneklerin WI^* değerlerine ait LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek değer BR (81,97) örneğinde, daha düşük değerlerin ise BT, BB ve BP örneklerinde olduğu saptanmıştır. Depolama süresi boyunca WI^* değerleri azalmıştır (Çizelge 4.43). Örneklerin YI^* değerlerine ait LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek değer BB (25,73) ve BP (25,25) örneklerinde ve en düşük değer ise BR örneğinde (24,22) belirlenmiştir. Depolama süresince YI^* değerleri artmıştır (Çizelge 4.43).

Farklı oranlarda süt yağı içeren ürünlerden en yüksek sarılık indeksine sahip örneklerin en düşük beyazlık indeksine sahip olduğu ve ayrıca yüksek beyazlık/parlaklık değerine sahip örneklerin, yağ oranı düşük olan çeşitlerde tespit edildiği Paduret vd. (2021) tarafından bildirilmiştir.

Örneklerin ΔE^* değerlerine ait LSD testi sonuçlarına göre, BB, BP ve BR örnekleri benzer bulunmuştur. Depolama süresince ΔE^* değerlerinde azalış yönünde değişimler olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Hammadde süt krema/yağının rengi tereyağının rengini etkilemektedir. Krema fermentasyonunda kullanılan mikroorganizma çeşidinin ve depolama süresince renk değişimlerinin de ΔE^* değerlerinde farklılık yarattığı Silva vd. (2023) tarafından belirtilmektedir.

Tereyağı ve süt yağı esaslı ürünlerin doğal sarı rengini temel olarak karoten (likopen), A vitamini ve diğer pigmentler oluşturmaktadır. Renk değişiklikleri, kullanılan hammadde kaynağı, yemdeki karoten içeriği, olgunlaşma ve depolama gibi proseslerden kaynaklanmaktadır. Yüksek depolama sıcaklığının süt yağı ve esaslı ürünlerin renginin daha koyu olmasına neden olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte yağ kürecik boyutundaki değişiklikler, tuz varlığı/yokluğu ve ambalaj çeşidi de renk özelliklerini etkilemektedir (Kaya, 2000; Kristensen vd., 2000).

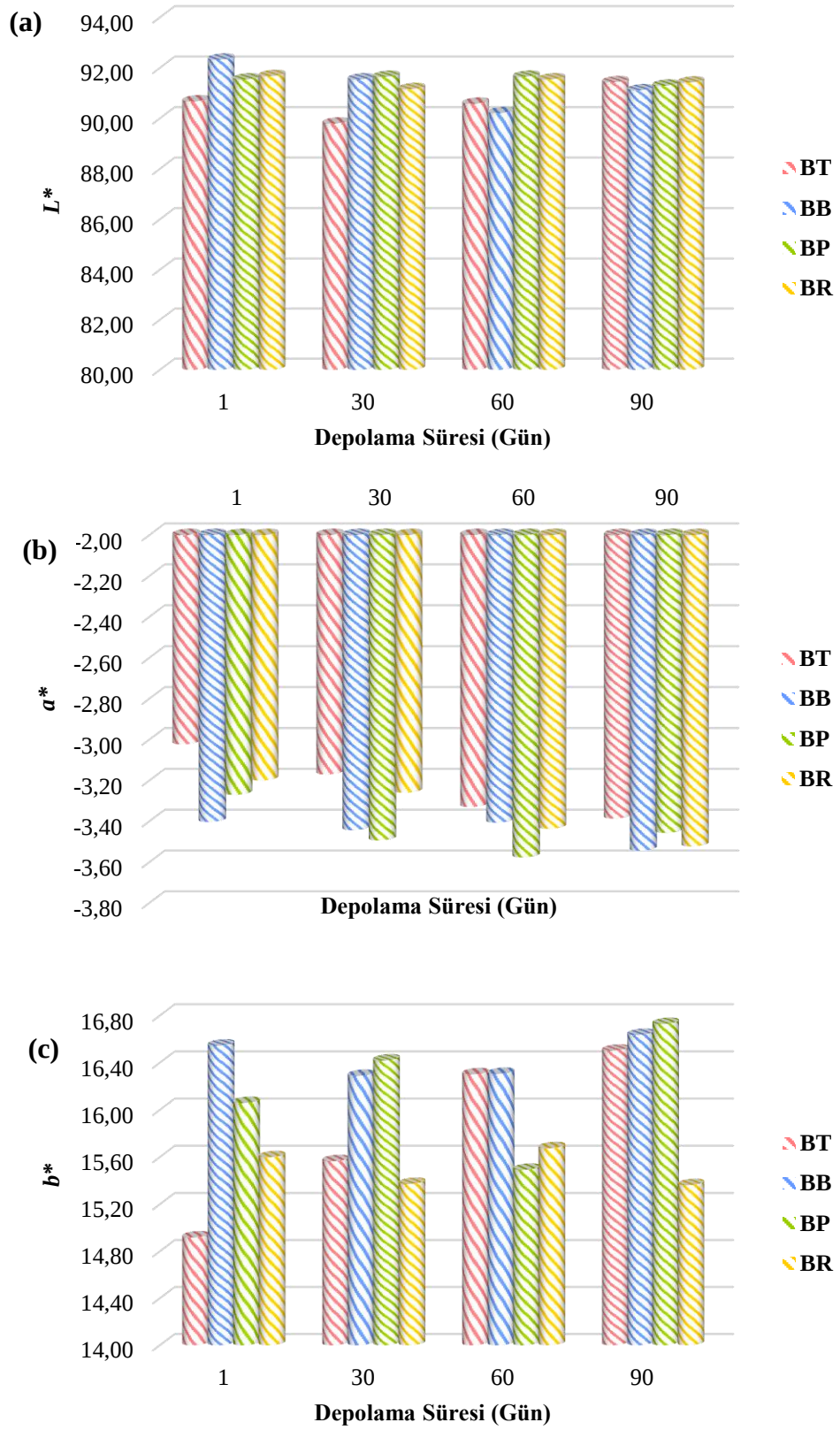
Çizelge 4.43. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin WI^* , YI^* ve ΔE^* parametrelerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	WI^*	YI^*	ΔE^*
BT	12	81,23±0,524 ^b	24,93±1,074 ^{ab}	-
BB	12	81,06±0,384 ^b	25,73±0,286 ^a	1,40±0,907 ^a
BP	12	81,41±0,501 ^b	25,25±0,863 ^a	1,30±0,131 ^a
BR	12	81,97±0,081 ^a	24,22±0,208 ^b	1,37±0,498 ^a
Depolama Süresi (Gün)				
1	12	81,76±0,300 ^a	24,61±0,921 ^b	1,70±0,587 ^a
30	12	81,37±0,426 ^{ab}	24,96±0,688 ^{ab}	1,84±0,332 ^a
60	12	81,35±0,685 ^{ab}	25,04±0,855 ^{ab}	1,21±0,413 ^{ab}
90	12	81,20±0,581 ^b	25,51±1,020 ^a	0,75±0,518 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	Önemsiz
Depolama Süresi		*	*	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	*	*

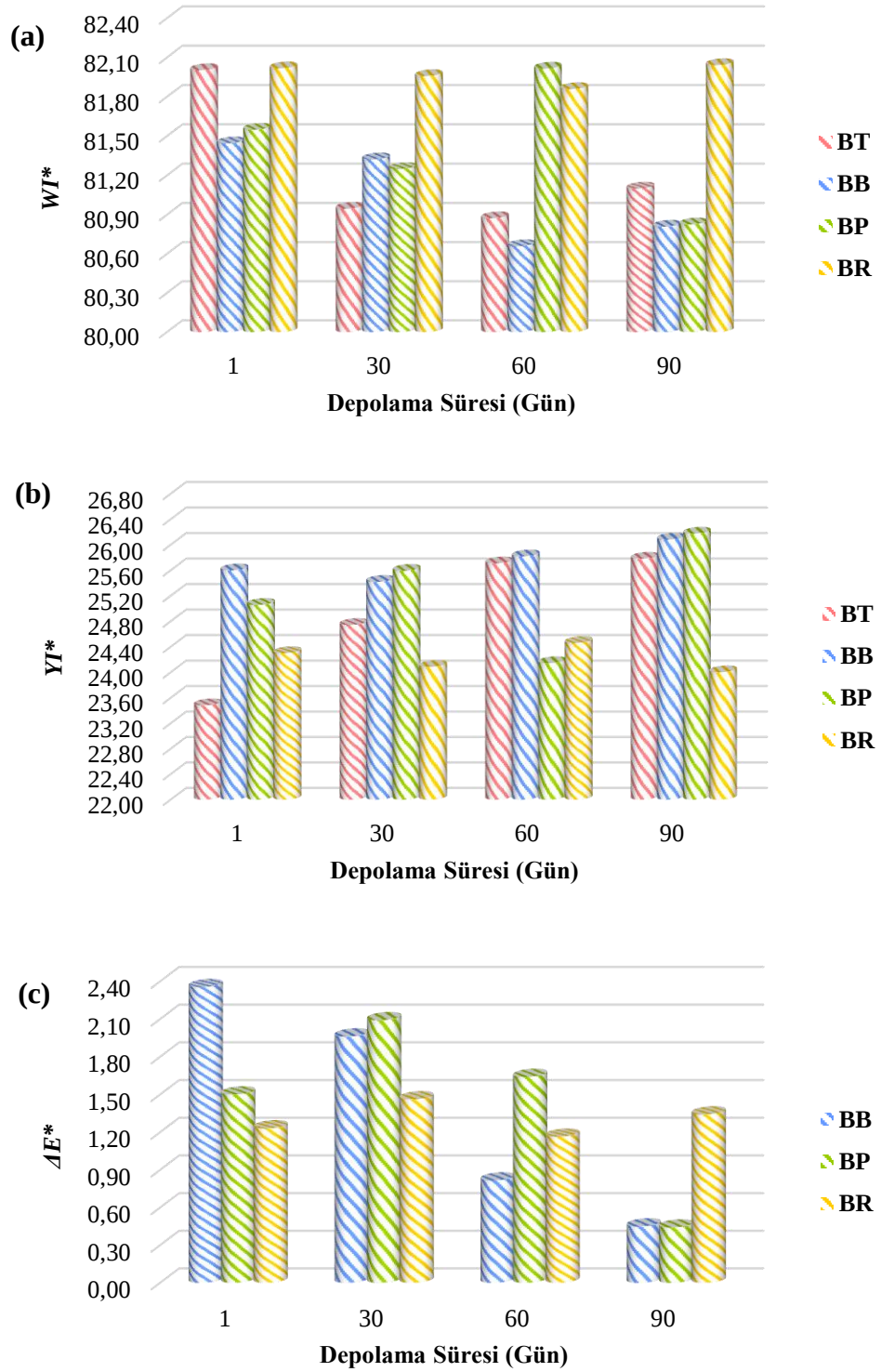
BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
 (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine (L^* , a^* , b^*) ait değişim grafiği Şekil 4.22’de verilmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine (WI^* , YI^* ve ΔE^*) ait değişim grafiği Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.22. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) L^* ; b) a^* ve c) b^*



Şekil 4.23. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin renk özelliklerine ait değişim grafiği a) WI^* ; b) YI^* ve c) ΔE^*

4.2.8. Sıkılık özelliği

Kesme kuvveti (Cutting Force), "örneğin tel ile kesilmeye karşı gösterdiği direnç", prensibine göre belirlenmektedir (Chudy vd., 2022). Kesme testi, ısırma kuvvetini ve örneğin sıkılık, dayanıklılık ve kesme kuvvetini de ölçmektedir. Belirli geometrik parametrelere sahip örnek, bıçak yardımı ile bir derinliğe kadar kesilmekte ve enine kesit özelliklerini, yani maksimum kesme kuvvetini belirlemek için gerilimi (sıkıştırma kuvveti, kesme kuvveti ve kopma kuvvetinin bir kombinasyonu) ölçülmektedir. Maksimum kesme kuvveti değerinin yüksekliği ile örneğin sertliği arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır (Lis vd., 2021).

Tereyağının tekstürel özellikleri, yapısal bileşenlerin konsantrasyonu, boyutu, şekli ve dağılımı gibi (yağ kristalleri, yağ kürecikleri, hava kabarcıkları ve su fazı) birbiri ile ilişkili birçok parametreden etkilenmektedir (Ceylan & Ozcan, 2020).

Süt yağı, yapısında 400'den fazla yağ asidi bulundurması nedeni ile karmaşık yenilebilir yağ sistemlerinden birisidir. Triaçilgliserollerdeki yağ asitlerinin çeşidi, erime ve katılma sıcaklıklarına yansıyarak, sertlik ve sürülebilirlik özellikleri ile doğrudan ilişkili olmaktadır (Lis vd., 2021).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sıkılık özelliğine ait sonuçlar Çizelge 4.44'de verilmiştir.

Örneklerin sıkılık değerleri 212,86-453,20 g aralığında değişmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en yüksek sıkılık değerinin 1. günde (366,93 g) ve en düşük sıkılık değerinin ise 60. günde (288,07 g) olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.44).

Sıkılık özelliğine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.45'de verilmiştir. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sıkılık parametresine ait varyans analizinde, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.44. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin sıklık özelliğindeki değişim

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Sıklık (g)			
	Depolama Süresi (Gün)			
	1	30	60	90
BT	373,13	369,69	351,98	387,57
BB	453,20	212,86	332,60	326,18
BP	310,16	283,67	227,89	239,50
BR	331,24	291,74	239,83	217,31
Minimum	310,16	212,86	227,89	217,31
Maksimum	453,20	369,69	351,98	387,57
Ortalama	366,93	289,49	288,07	292,64

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Örneklerin LSD testi sonuçlarına göre, örnek çeşidi açısından en yüksek sıklık değerinin BT örneğinde (370,59 g) ve en düşük sıklık değerlerinin ise BP (265,30 g) ve BR (272,43 g) örneklerinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.45).

Sürülebilir süt yağı-inülin emülsiyon sistemlerinde LAB (*L. acidophilus* La-5, *S. thermophilus* ve *B. animalis* BB-12) kullanımının dört haftalık depolama süresince sertlik, iç yapışkanlık ve dış yapışkanlık özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği, sürülebilirlik değerlerinde ise artış meydana geldiği saptanmıştır (Toczek vd., 2022a).

Ferreira vd. (2020) probiyotik tereyağı üretiminde, özellikle probiyotik mikroorganizmalar ve aromatik starter kültürlerin kullanıldığı durumlarda laktik asit bakterilerinin trigliseritlerden serbest yağ asitlerini üretmesi nedeni ile daha yumuşak tekstüre sahip ürünlerin elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Depolama süresince, en yüksek sıklık değerinin 1. güne (366,94 g) ve düşük sıklık değerlerinin ise 30. (289,50 g), 60. (290,47 g) ve 90. (292,64 g) günlere ait olduğu tespit edilmiştir. Genel anlamda belirgin bir değişim saptanmamıştır (Çizelge 4.45).

Probiyotik bakteri kullanımının (*Bifidobacterium* spp., *L. casei* ve *L. acidophilus*) ekşi kremaların tekstürel özelliklerinde değişikliğe neden olmadığı ancak, dış yapışkanlık değerlerinin depolama süresi ile birlikte arttığı ve daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Probiyotik mikroorganizmaların üründe pH'yı düşürerek kremamsı yapıyı gevşetmesi ile birlikte yapışkanlık değerlerinin etkilendiği Khademi vd. (2022) tarafından belirtilmektedir.

Çizelge 4.45. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin sıklık parametresine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Sıklık (g)
BT	12	370,59±14,631 ^a
BB	12	331,22±98,175 ^b
BP	12	265,30±38,365 ^c
BR	12	272,43±51,345 ^c
Depolama Süresi (Gün)		
1	12	366,94±63,185 ^a
30	12	289,50±64,146 ^b
60	12	290,47±63,288 ^b
90	12	292,64±78,815 ^b
Örnek Çeşidi		**
Depolama Süresi		**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*
(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Farklı yağ oranlarına sahip, sürülebilir süt yağı ürünleri ve tereyağlarının tüketici tercihleri açısından değerlendirildiği çalışmada, sıcaklıktan bağımsız olarak, yağ içeriği yüksek olan örneğin, kesme kuvvetinin de yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 4°C sıcaklıktaki süt yağı örneklerinin kesme kuvvetinin, 20°C sıcaklıkta ölçülen değerlerden, daha yüksek tespit edildiği Chudy vd. (2022) tarafından belirtilmiştir.

Yağ kristallerinden oluşan ağ yapı, süt yağı ürünlerinin tekstürel özelliklerini belirlemektedir. Ağ yapıyı oluşturan kristaller arasındaki etkileşimler sıvı yağ ile kristal kümelerinin bir araya gelmesini engellemektedir (Kashaninejad vd., 2017). Sonuç olarak, kristaller ve ağ yapı arasındaki zayıf bağların, sertliğin azalmasına, sürülebilirliğin iyileşmesine ve daha yapışkan bir ürüne neden olduğu Karakus vd. (2022) tarafından bildirilmiştir.

Süt yağının kimyasal özellikleri (lipit profili ve yağ globül boyutu) kesme kuvvetini önemli ölçüde etkilemekte ve en iyi sürülebilirliğin (düşük sertlik ve kesme işi), düşük yağ içeriğine ve yüksek nem içeriğine sahip olan örneklerle ait olduğu farklı araştırılmacılar tarafından bildirilmiştir (Glibowski vd., 2008; Ronholt vd., 2014; Ewe & Loo, 2016; Chudy vd., 2022).

Ürünlerin yağ asidi bileşimi, besin değeri ve duyu özelliklere olan etkisinin yanı sıra, tekstürel özelliklerini de etkilemektedir. Doymuş yağ asitleri içeriğinin yüksek olmasının, soğutma sıcaklığında sertliğin artmasına ve sürülebilirliğin ise azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Bobe vd., 2003; Hurtaud & Peyraud, 2007).

Tereyağlarında miristik asit (C14:0) miktarının artması ve oleik asit (C18:1) miktarının ise azalmasının tereyağı sertliğini arttırdığı tespit edilmiştir (Staniewski vd., 2021). Ayrıca çoklu doymamış yağ asitleri miktarının yüksek olması ile ürünlerin oda sıcaklığında daha yumuşak tekstürel özellikler gösterdiği Kashaninejad vd. (2017) tarafından bildirilmiştir.

Figueiroa vd. (2013) ve Ozcan vd. (2016) depolama sıcaklığının, tereyağının tekstürel özelliklerinde farklılığa neden olduğunu, bu durumun oleik asit (C18:1; erime noktası: 13-16°C) ve kaprilik asit (C8; erime noktası: 16-17°C) miktarlarının fiziksel özelliklerde yarattığı değişikliğe (katıdan sıvı hale geçiş) bağlı olduğunu açıklamışlardır.

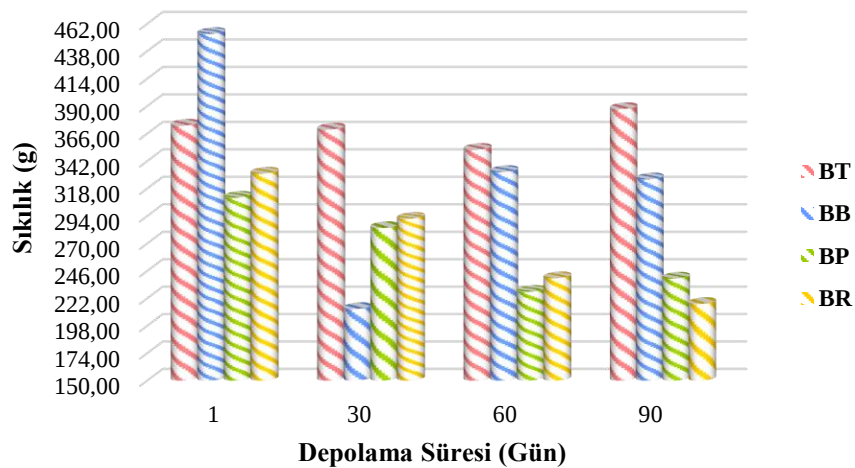
Farklı kültürlerin kullanıldığı bir çalışmada, düşük kurumadde ve yağ içeriğine rağmen, tatlı kremadan üretilen tereyağı ve kefir kültürü kullanılarak üretilen tereyağları arasında

sertlik özelliği açısından bir farklılık olmadığı ancak, en yüksek sertlik değerinin probiyotik mikroorganizma kullanılarak üretilen tereyağında tespit edildiği bildirilmiştir. Tereyağlarındaki doymamış yağ asitleri düşük erime noktasına sahip olması nedeni ile yağın sertliğini azaltırken, doymuş yağ asitleri ise yağların sertliğini arttırmaktadır. Bu nedenle tereyağı yapısında bulunan yağ asitlerindeki doymuş ve doymamış yağ oranlarının tekstürel özelliklerde değişiklik oluşturabileceği Silva vd. (2023) tarafından saptanmıştır.

Tereyağının üretiminde, yayıklama işleminden önce kremaya uygulanan farklı sıcaklıkların, tereyağının sertliğini ve sürülebilirliğini etkilediği belirtilmiştir (Rønholt vd., 2012; Tondhoosh vd., 2016; Ceylan & Ozcan, 2020; Panchal vd., 2021; Jones & Martini, 2022).

Rønholt vd. (2012) ve Tondhoosh vd. (2016), yavaş soğutularak olgunlaştırılan kremadan elde edilen tereyağında sertliğin önemli ölçüde arttığını (daha yoğun bir kristal ağ oluşumu nedeniyle), hızlı soğutularak olgunlaştırılan kremadan elde edilen tereyağında ise kırılganlığın önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sıklık özelliğine ait değişim grafiği Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.24. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin sıklık özelliğine ait değişim grafiği

Yapılan birçok çalışmada, süt yağı esaslı ürünlerin ve tereyağı örneklerine ait tekstürel özelliklerin geniş bir aralıkta değişmesi sonuçların kıyaslanmasında tutarsızlıklar meydana getirmektedir. Diğer çalışmalarda bildirildiği gibi örneklerin analiz anındaki sıcaklığı, şekli/boyutu, üretim yöntemi ve kullanılan tekstür cihazına ait parametreler nedeni ile değişikliklerin meydana gelebileceği de söylenebilmektedir.

4.2.9. Yağ asidi bileşimi

Doğal lipitler, farklı konsantrasyonlarda doymuş, tekli veya çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağın bileşimi ve yağ asitlerinin fiziksel özellikleri, ürünlerin fizikokimyasal özelliklerini (sertlik vb.), stabilitesini ve besin değerini etkilemektedir (Paduret, 2021; Staniewski vd., 2021).

Yağlar ile ilgili temel biyokimyasal metabolizmalarda, lipolitik aktiviteye sahip esteraz ve lipaz gibi enzimler ile düz zincirli yağ asitlerinin, serbest yağ asitlerine parçalanması ile karboksilik asitler oluşmaktadır (McSweeney & Sousa, 2000; Wolf vd., 2010).

Serbest yağ asitleri, tat üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olmak ile birlikte, metilketonlar, sekonder alkoller, esterler ve laktonlar gibi bileşiklerin üretiminde de ara bileşenler olarak aromaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Smit vd., 2005; Vaseji vd., 2012).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretiminde kullanılan hammadde kremaya ait yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 4.46'da verilmiştir. Hammadde kremanın kısa zincirli yağ asitleri miktarı (SCFA, C4-C6) % 0,31; orta zincirli yağ asitleri miktarı (MCFA, C8-C15) % 10,61; uzun zincirli yağ asitleri miktarı (LCFA, C16-C18) % 88,61 ve çok uzun zincirli yağ asitleri miktarı ise (VLCFA, > C19) % 0,19 olarak belirlenmiştir.

Farklı bakteri kültürü içeren, süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde depolama süresinin 1. ve 90. günlerinde saptanan yağ asitleri kompozisyonuna ait ortalama sonuçlar Çizelge 4.47'da verilmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde, bütirik asit konsantrasyonu % 0,10-0,16; kaproik asit konsantrasyonu % 0,12-0,19 ve tüm örneklerde toplam SCFA konsantrasyonu % 0,27-0,31 arasında değişmiştir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.46. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin üretiminde kullanılan hammadde kremanın yağ asitleri içeriği

Yağ Asitleri (%)	Hammadde Krema
SCFA	
Bütirik asit (C4:0)	0,11
Kaproik asit (C6:0)	0,21
MCFA	
Kaprilik asit (C8:0)	0,15
Nonanoik asit (C9:0)	0,13
Kaprik asit (C10:0)	0,52
Undekanoik asit (C11:0)	0,83
Dekanoik asit (Laurik asit) (C12:0)	0,06
Miristik asit (C14:0)	8,47
Pentadekanoik asit (C15:0)	0,45
LCFA	
Palmitik asit (C16:0)	58,17
Palmitoleik asit (C16:1)	0,45
Heptadekanoik asit (C17:0)	0,11
Stearik asit (C18:0)	4,23
Oleik acid (C18:1c)	24,71
Konjuge Linoleik asit (C18:2)	0,22
Gamma Linolenik asit (C18:3n6)	0,14
Linolenik asit (C18:3n3)	0,58
VLCFA	
Araşidik asit (C:20:0)	0,06
Heneikosanoik asit (C21:0)	0,13
ΣSCFA	0,31
ΣMCFA	10,61
ΣLCFA	88,61
ΣVLCFA	0,19
ΣSFA	73,61
ΣMUFA	25,17
ΣPUFA	0,94
ΣYA	99,72

ΣSCFA: Toplam kısa zincirli yağ asitleri; ΣMCFA: Toplam orta zincirli yağ asitleri; ΣLCFA: toplam uzun zincirli yağ asitleri; ΣVLCFA: Toplam çok uzun zincirli yağ asitleri; ΣSFA: Toplam doymuş yağ asitleri; ΣMUFA: Toplam tekli doymamış yağ asitleri; ΣPUFA: Toplam çoklu doymamış yağ asitleri; ΣYA: Toplam yağ asitleri

Örneklerde, kaprilik asit % 0,08-0,16; nonanoik asit % 0,11-0,15; kaprik asit % 0,41-0,49; undekanoik asit % 0,72-0,81; dekanok asit % 0,03-0,45; miristik asit % 7,34-8,44

ve pentadekanoik asit konsantrasyonu ise % 0,24-0,48 arasında değişmiştir. Tüm örneklerde toplam MCFA miktarı % 9,30-10,68 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinde, palmitik asit % 58,09-59,56; palmitoleik asit % 0,33-0,46; heptadekanoik asit % 0,09-0,12; stearik asit % 4,15-4,68; oleik asit % 23,96-25,60; konjuge linoleik asit (KLA) % 0,22-0,28; gamma linolenik asit (GLA) % 0,10-0,15 ve linolenik asit konsantrasyonu ise % 0,44-0,62 arasında değişmiştir. Tüm örneklerde toplam LCFA miktarları % 88,78-90,04 arasında saptanmıştır (Çizelge 4.47).

Örneklerde araşidik asit % 0,04-0,06; heneikosanoik asit konsantrasyonu ise % 0,04-0,15 ve tüm örneklerde toplam VLCFA miktarları % 0,08-0,20 arasında değişmiştir (Çizelge 4.47).

Ayrıca örneklerin doymuş yağ asitleri (SFA) % 72,93-74,60; tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) % 24,40-25,98 ve çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonu (PUFA) ise % 0,79-1,04 arasında değişmiştir (Çizelge 4.47).

Süt yağı esaslı sürülebilir örneklerin yağ asitleri kompozisyonundaki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.48a, b, c’de verilmiştir. Yağ asitleri kompozisyonuna ait varyans analizinde, bütirik, kaproik, kaprilik, kaprik, undekanoik, miristik, pentadekanoik, dekanok, palmitik, heneikosanoik, nonanoik, oleik, gamma linolenik ve linolenik asit miktarları örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Palmitoleik ve heptadekanoik asit, örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli tespit edilirken, depolama süresince önemsiz ($p > 0,05$) farklılıklar belirlenmiştir.

Örneklerin, stearik ve konjuge linoleik asit miktarları, örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli tespit edilirken, depolama süresi $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait yağ asitleri kompozisyonun varyans analizinde, araşidik asit örnek çeşidi açısından $p < 0,01$; örnek çeşidi x depolama süresince $p < 0,05$ düzeyinde önemli, depolama süresi olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.47. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonuna ait ortalama değişim sonuçları

Yağ Asitleri (%)	BT		BB		BP		BR	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	90	1	90	1	90	1	90
SCFA								
Bütirik asit (C4:0)	0,15	0,10	0,12	0,11	0,12	0,11	0,16	0,11
Kaproik asit (C6:0)	0,16	0,18	0,15	0,18	0,19	0,18	0,12	0,18
MCFA								
Kaprilik asit (C8:0)	0,12	0,13	0,12	0,13	0,16	0,14	0,08	0,14
Nonanoik asit (C9:0)	0,11	0,12	0,12	0,12	0,15	0,12	0,14	0,12
Kaprik asit (C10:0)	0,43	0,47	0,41	0,48	0,49	0,47	0,46	0,48
Undekanoik asit (C11:0)	0,74	0,81	0,72	0,80	0,80	0,81	0,75	0,80
Dekanoik asit (Laurik asit) (C12:0)	0,05	0,05	0,05	0,03	0,07	0,06	0,07	0,45
Miristik asit (C14:0)	8,20	8,29	7,89	8,44	7,83	8,29	7,34	8,31
Pentadekanoik asit (C15:0)	0,39	0,24	0,41	0,41	0,48	0,44	0,46	0,38
LCFA								
Palmitik asit (C16:0)	58,09	59,23	58,96	59,02	59,38	59,25	59,56	58,19
Palmitoleik asit (C16:1)	0,38	0,40	0,33	0,36	0,46	0,41	0,44	0,41
Heptadekanoik asit (C17:0)	0,09	0,11	0,10	0,09	0,12	0,11	0,12	0,10
Stearik asit (C18:0)	4,22	4,38	4,15	4,19	4,28	4,43	4,68	4,38
Oleik acid (C18:1c)	25,60	24,03	25,17	24,36	23,96	23,99	24,20	24,75
Konjuge Linoleik asit (C18:2)	0,22	0,22	0,26	0,23	0,23	0,22	0,27	0,28
Gamma Linolenik asit (C18:3n6)	0,12	0,13	0,12	0,10	0,14	0,13	0,15	0,12
Linolenik asit (C18:3n3)	0,53	0,44	0,51	0,54	0,61	0,44	0,62	0,55
VLCFA								
Araşidik asit (C:20:0)	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04
Heneikosanoik asit (C21:0)	0,12	0,13	0,12	0,12	0,15	0,13	0,15	0,04
ΣSCFA	0,31	0,28	0,27	0,29	0,31	0,29	0,28	0,29
ΣMCFA	10,04	10,11	9,72	10,41	9,98	10,33	9,30	10,68
ΣLCFA	89,25	88,94	89,60	88,89	89,18	88,98	90,04	88,78
ΣVLCFA	0,18	0,19	0,17	0,17	0,19	0,19	0,20	0,08
ΣSFA	72,93	74,30	73,37	74,17	74,26	74,60	74,14	73,72
ΣMUFA	25,98	24,43	25,50	24,72	24,42	24,40	24,64	25,16
ΣPUFA	0,87	0,79	0,89	0,87	0,98	0,79	1,04	0,95
ΣYA	99,81	99,56	99,79	99,8	99,71	99,83	99,89	99,87

ΣSCFA: Toplam kısa zincirli yağ asitleri; ΣMCFA: Toplam orta zincirli yağ asitleri; ΣLCFA: toplam uzun zincirli yağ asitleri; ΣVLCFA: Toplam çok uzun zincirli yağ asitleri; ΣSFA: Toplam doymuş yağ asitleri; ΣMUFA: Toplam tekli doymamış yağ asitleri; ΣPUFA: Toplam çoklu doymamış yağ asitleri; ΣYA: Toplam yağ asitleri

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu değerlerine ait LSD testi sonuçlarına göre, bütirik asit miktarı en yüksek BR (% 0,13) örneğinde ve daha düşük ise BB ve BP (% 0,11) örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.48a).

Bütirik asidin ekşi krema örneklerinde düşük konsantrasyonda bulunmasının, β -hidroksibütirat eksikliğinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca hayvan beslenmesinde diyet liflerinin bulunmamasının yağ sentezini engelleyecek asetat ve β -hidroksibütiratın sentezini azaltması ile yağ asitleri bileşimini etkileyeceği belirtilmiştir (Khademi vd., 2022). Musiy vd. (2017), tatlı kremadan elde edilen ve *L. acidophilus* La5 içeren tereyağlarının daha yüksek konsantrasyonda bütirik asit içerdiğini bildirmişlerdir.

Kaproik asit miktarı en yüksek BP (% 0,18) örneğinde ve en düşük ise BR (% 0,15) örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.48a).

Khademi vd. (2022) probiyotik krema örneklerinde kaproik asit (C6) ve miristik asit (C14) konsantrasyonlarında farklılık meydana gelmesinin meme bezlerinde düşük düzeylerde sentezlenmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Bütirik asit ve kaproik asit suda çözünbilme özelliğine sahiptir. Üründe ortamın pH'sının azalması ile çözünürlük artmakta, yayık altı suyuna geçme eğilimleri de fazla olmaktadır. Bu nedenle kısa zincirli yağ asitlerinin düşük molekül ağırlığına ve yüksek çözünürlüğe sahip olmaları ile tereyağı üretiminde yayıkaltı suyu ile ayrılarak tereyağının yağ asidi profilinde daha düşük konsantrasyonlarda bulunduğu belirtilmektedir (Fox & McSweeney, 2006).

Kaprılık asit miktarı en yüksek BP (% 0,15) örneği ve en düşük ise BR (% 0,11) örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.48a).

L. acidophilus ve *B. bifidum* ile üretilen probiyotik tereyağlarının depolama süresince kısa zincirli serbest yağ asitleri miktarında farklılıklar saptandığı ve *B. bifidum* içeren örnekte kaprilik asit içeriğinin depolama başlangıcında kontrol ve *L. acidophilus* örneklerinden daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu Erkaya vd. (2015) tarafından bildirilmiştir.

Kaprik asit miktarı en yüksek BP (% 0,48) örneğinde ve en düşük ise BT ve BB (% 0,45) örneklerinde tespit edilmiştir. Örneklerin en yüksek undekanoik asit miktarının BP (% 0,80) örneğine ve daha düşük miktarların ise BT (% 0,77), BB (% 0,76) ve BR (% 0,78) örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir. Miristik asit miktarının en yüksek BT (% 8,24) ve en düşük ise BR (% 7,82) örneğine ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.48a).

Pentadekanoik asit miktarı en yüksek BP (% 0,46) ve en düşük ise BT (% 0,31) örneğinde tespit edilmiştir. Dekanoik asit miktarının en yüksek değerinin % 0,26 ile BR örneğine ve en düşük değerlerin ise BB (% 0,04) ve BT (% 0,05) örneklerine ait olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.48b).

Probiyotik mikroorganizmalar ile üretilen ekşi krema örneklerinde, kontrol örneğine yakın seviyelerde miristik asit tespit edildiği, *Bifidobacterium* içeren örneklerde ise en az seviyede olduğu Khademi vd. (2022) tarafından bildirilmiştir. Krema örneklerinin depolama süresi başlangıcında dekanoik asit miktarının en yüksek seviyede olduğu da tespit edilmiştir.

Palmitik asit miktarı en yüksek BP (% 59,31) örneğinde saptanırken, en düşük ise BT (% 58,66) örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.48b).

L. brevis, *P. pentosaceus*, *N. arbecensis* ve *L. pentosus* ile hazırlanan tereyağı örneklerinde, laurik asit, miristik asit ve palmitik asidin toplam miktarlarının *L. brevis* içeren örnekten daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ostadzadeh vd., 2022).

Palmitoleik asit miktarı en yüksek BP (% 0,43) ve BR (% 0,43) örneklerinde, en düşük ise BB (% 0,35) örneğinde tespit edilmiştir. Heptadekanoik asit miktarı en yüksek BP (% 0,11) örneğinde, daha düşük ise BB (% 0,09) örneğinde tespit edilmiştir. Heneikosanoik asit miktarı en yüksek BP (% 0,14) örneğinde ve en düşük ise BR (% 0,09) örneğinde saptanmıştır. Örneklerde en yüksek nonanoik asit miktarı BP ve BR (% 0,13), en düşük ise BT ve BB (% 0,12) örneklerinde saptanmıştır (Çizelge 4.48b).

Stearik asit miktarı en yüksek % 4,53 ile BR ve en düşük ise % 4,17 ile BB örneğinde belirlenmiştir. Oleik asit miktarı en yüksek BT (% 24,82) ve en düşük ise BP (% 23,97) örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.48c).

Yılmaz-Ersan (2013) oleik asit değerlerini *B. lactis* ile fermente edilen kremlerde *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus* ile fermente edilen kremalara göre daha yüksek konsantrasyonda bildirmiştir.

Süt ve süt ürünleri KLA içeriği bakımından zengin gıdalardır. Ancak yine de iklim, besleme, sağım zamanı, hayvanın türü, yaşı, ürüne uygulanan teknolojik işlemler, protein kalitesi ve starter kültür gibi pek çok faktör KLA miktarını etkilemektedir (Rainer & Heiss, 2004). KLA miktarı, en yüksek BR (% 0,28) örneğinde ve en düşük ise BT ve BP (% 0,22) örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.48).

Tereyağında, depolama sırasında KLA seviyelerinin % 0,77-0,99 arasında değiştiği Ledoux vd. (2005), ancak probiyotik suşların ilave edildiği tereyağı örneklerinde KLA miktarlarında önemli değişikliğin olmadığı Erkaya vd. (2015) tarafından belirtilmiştir. Benzer sonuçlar Dave vd. (2002), Ekinci vd. (2008), Xu vd. (2005, 2006) ve Yılmaz-Ersan (2013) tarafından da bildirilmiştir.

Gamma linolenik asit miktarı en yüksek BP ve BR (% 0,13) örneklerinde, daha düşük ise BB (% 0,11) örneğinde tespit edilmiştir. Linolenik asit miktarı en yüksek BR (% 0,58) örneğinde, en düşük ise BT (% 0,48) örneğinde saptanmıştır. Araşidik miktarı ise, en yüksek BT (% 0,06) ve BB (% 0,05), daha düşük BR (% 0,04) örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.48c).

Farklı probiyotik mikroorganizma içeren ekşi krema örneklerinin tümünde oleik asit tespit edildiği ve linoleik asit miktarının ise depolama süresinin 3. 4. ve 5. haftalarında saptandığı bildirilmiştir. Depolama sırasında tüm örneklerde α -linolenik asit miktarının en yüksek *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp. içeren örnekte, en düşük ise *L. acidophilus* ve *L. casei* içeren örnekte olduğu belirtilmiştir (Khademi vd., 2022).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin yağ asitlerine ait sonuçların genel değerlendirmesinde, miristik, palmitik, stearik ve oleik asit miktarlarının yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.48).

Depolama sonunda bütirik, pentadekanoik, palmitik, heneikosanoik, oleik, gamma linolenik ve linolenik asit miktarlarının azaldığı, kaproik, kaprilik, kaprik, undekanoik, miristik, dekanoyik asit miktarlarının ise arttığı saptanmıştır. Palmitoleik, heptadekanoik, stearik, konjuge linoleik ve araşidik asit değerlerinde anlamlı bir değişim belirlenmemiştir (Çizelge 4.48a, b, c).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin zincir uzunluğu ve doymuşluk derecesine göre hesaplanan yağ asitleri kompozisyonuna ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Varyans analizi değerlendirilmesi sonucunda, MCFA, LCFA, VLCFA, SFA, MUFA, PUFA ve YA miktarları örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.48). SCFA ise, örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda $p < 0,01$ düzeyinde önemli ve depolama süresince ise önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.49).

Örneklere ait SCFA miktarı en yüksek BP (% 0,30) örneği ve en düşük ise BB (% 0,28) örneğinde tespit edilmiştir. SCFA miktarında depolama süresinin 1. ve 90. günlerinde farklılık olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.49).

L. brevis ve *L. pentosus* içeren tereyağı örneklerinin kısa zincirli yağ asitleri miktarının (bütirik asit, kaproik asit, kaprilik asit ve kaprik asit) *P. pentosaceus*, *N. arbecensis* içeren tereyağlarından daha düşük seviyelerde tespit edildiği Ostadzadeh vd. (2022) tarafından belirtilmektedir.

Ekinci vd. (2008) kremaya probiyotik kültür, ayçiçeği, soya fasulyesi ve fındık yağı ilavesi sonucunda bütirik, kaproik ve kaprik asitler gibi kısa zincirli yağ asitlerinin önemli

ölçüde etkilendiğini, fermente olmayan kontrol grubuna göre arttığını ve ayrıca kullanılan kültür çeşidine göre de değişiklik gösterdiğini saptamışlardır.

MCFA miktarı, en yüksek BP (% 10,15) örneğinde ve en düşük ise BR (% 9,99) örneğinde saptanmıştır. MCFA miktarının depolama süresinin 1. gününde % 9,76 ve 90. gününde ise % 10,38 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.48a. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Bütirik Asit (%)	Kaproik Asit (%)	Kaprilik Asit (%)	Nonanoik Asit (%)	Kaprik Asit (%)	Undekanoik Asit (%)	Miristik Asit (%)
BT	6	0,12 ^{ab}	0,17 ^b	0,12 ^b	0,12 ^b	0,45 ^c	0,77 ^b	8,24 ^a
BB	6	0,11 ^b	0,16 ^{bc}	0,13 ^b	0,12 ^b	0,45 ^c	0,76 ^b	8,16 ^b
BP	6	0,11 ^b	0,18 ^a	0,15 ^a	0,13 ^a	0,48 ^a	0,80 ^a	8,06 ^c
BR	6	0,13 ^a	0,15 ^c	0,11 ^c	0,13 ^a	0,47 ^b	0,78 ^b	7,82 ^d
Depolama Süresi (Gün)								
1	12	0,14 ^a	0,15 ^b	0,12 ^b	0,13 ^a	0,45 ^b	0,75 ^b	7,81 ^b
90	12	0,11 ^b	0,18 ^a	0,13 ^a	0,12 ^b	0,48 ^a	0,80 ^a	8,33 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	*	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.48b. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Pentadekanoik Asit (%)	Dekanoik Asit (%)	Palmitik Asit (%)	Palmitoleik Asit (%)	Heptadekanoik Asit (%)	Heneikosanoik Asit (%)
BT	6	0,31 ^d	0,05 ^c	58,66 ^d	0,39 ^b	0,10 ^{ab}	0,12 ^b
BB	6	0,41 ^c	0,04 ^c	58,99 ^b	0,35 ^c	0,09 ^b	0,12 ^b
BP	6	0,46 ^a	0,07 ^b	59,31 ^a	0,43 ^a	0,11 ^a	0,14 ^a
BR	6	0,42 ^b	0,26 ^a	58,87 ^c	0,42 ^a	0,10 ^{ab}	0,09 ^c
Depolama Süresi (Gün)							
1	12	0,43 ^a	0,06 ^b	59,00 ^a	0,40 ^a	0,10 ^a	0,13 ^a
90	12	0,37 ^b	0,15 ^a	58,92 ^b	0,40 ^a	0,10 ^a	0,10 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	Önemsiz	Önemsiz	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.48c. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Stearik Asit (%)	Oleik Asit (%)	Konjuge Linoleik Asit (%)	Gamma Linolenik Asit (%)	Linolenik Asit (%)	Araşidik Asit (%)
BT	6	4,30 ^c	24,82 ^a	0,22 ^c	0,12 ^b	0,48 ^c	0,06 ^a
BB	6	4,17 ^d	24,76 ^b	0,24 ^b	0,11 ^c	0,52 ^b	0,05 ^{ab}
BP	6	4,35 ^b	23,97 ^d	0,22 ^c	0,13 ^a	0,52 ^b	0,05 ^{ab}
BR	6	4,53 ^a	24,47 ^c	0,28 ^a	0,13 ^a	0,58 ^a	0,04 ^b
Depolama Süresi (Gün)							
1	12	4,33 ^a	24,73 ^a	0,24 ^a	0,13 ^a	0,57 ^a	0,05 ^a
90	12	4,34 ^a	24,28 ^b	0,24 ^a	0,12 ^b	0,49 ^b	0,05 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		*	**	*	**	**	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	*

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Krema örneklerinde probiyotik fermentasyonunun orta zincir uzunluğuna sahip yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri içeriğini arttırdığı Yılmaz-Ersan (2013) tarafından belirtilmektedir.

Örnek çeşitleri arasında en yüksek LCFA miktarının BR (% 89,41) ve en düşük LCFA miktarının ise BP (% 89,08) örneğinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.49).

VLCFA miktarı, en yüksek BP (% 0,19) ve en düşük ise BR (% 0,14) örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.49).

Linoleik asit, diyetle alınması gereken bir omega 6 yağ asidi olarak, toplam kan kolesterolü ve LDL kolesterolü düşürmeye yardımcı olmaktadır (DeBruyne vd., 2007). *L. helveticus* içeren fermente krema tüketiminin sağlık açısından yararlı bir etki gösterebileceği öne sürülmüştür. Ayrıca genel olarak *L. helveticus* içeren örneğin, daha yüksek LCFA ve VLCFA (C16-C22) bileşiminden oluştuğu da bildirilmiştir. LCFA'nın, özellikle cis konfigürasyonunda yüksek oranda PUFA bulunduğu ve cis konfigürasyonunun daha düşük bir erime noktasına ve dolayısıyla daha yumuşak tekstüre neden olduğu belirtilmiştir (Ghotra vd., 2002; Ewe & Loo, 2016).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin SFA miktarının, en yüksek BP (% 74,43) ve en düşük ise BT (% 73,61) örneğinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.49).

Probiyotik özellikleri tespit edilen, *L. brevis*, *P. pentosaceus*, *N. arbecensis* ve *L. pentosus* suşlarının tereyağı üretiminde kullanıldığı çalışmada, tüm örneklerde toplam doymuş yağ asitlerinin, kontrol örneğine göre daha az konsantrasyonda saptandığı Ostadzadeh vd. (2022) tarafından belirtilmektedir.

Tereyağı örneklerinde, doymuş yağ asitlerinden en yüksek konsantrasyonun palmitik asit (36,91-74,69 g/mg), stearik asit (14,98-30,31 g/mg), laurik asit (6,61-13,38 g/mg), en yüksek konsantrasyona sahip tekli doymamış yağ asitlerin ise, oleik asit (23,25-47,05 g/mg) olduğu bildirilmiştir. Çoklu doymamış, esansiyel yağ asitleri olarak adlandırılan

linoleik asit (5,18-8,35 g/mg) ve linolenik asit (0,73-1,30 g/mg) miktarları da tereyağı örneklerinde saptanmıştır (Paduret, 2021).

Örnek çeşitleri arasında en yüksek MUFA miktarının BT (% 25,20) örneğine, en düşük MUFA miktarının ise BP (% 24,41) örneğine ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.49).

Probiyotik mikroorganizma içeren tereyağlarının daha yüksek konsantrasyonda kısa/orta zincirli yağ asitleri profiline sahip olduğu bildirilmiştir. Kısa zincirli yağ asitleri konsantrasyonu açısından farklılıkların büyük olasılıkla kullanılan mikrobiyal kültürün metabolik aktivitesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca probiyotik kültür içeren tereyağlarının MUFA seviyelerinin diğer örneklerden daha düşük, PUFA seviyelerinin ise daha yüksek olduğu açıklanmıştır. Bu yağ asitlerinde, meydana gelen farklılıkların, kremanın fermentasyonunda kullanılan farklı *Lactobacillus* spp.'nin metabolik aktivitelerinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Underwood vd. (2009) kısa zincirli yağ asitlerinin *L. rhamnosus* ve *L. acidophilus* gibi probiyotik bakteriler tarafından üretildiğini açıklamışlardır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinde PUFA miktarının, en yüksek BR (% 0,99) örneğinde ve en düşük ise BT (% 0,83) örneğinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.49).

Sürülebilir süt yağı-inülin-LAB'den (*L. acidophilus* La-5, *S. thermophilus* ve *B. animalis* BB-12) oluşan emülsiyon ürünlerinin dört hafta depolama süresinde, doymuş yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri ve omega 3 yağ asitleri miktarlarında önemli farklılıklar olduğu ve üründe kimyasal olarak stabilite sağlandığı Toczek vd. (2022a) tarafından saptanmıştır.

L. helveticus içeren kremada daha yüksek oranda doymamış yağ asidi ve yüksek konsantrasyonda PUFA (linoleik asit) değerleri Ewe & Loo, (2016) tarafından belirtilmektedir.

Örneklerin toplam YA miktarı, en yüksek ise BR (% 99,82) örneğinde ve daha düşük ise BT (% 99,65) örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.49).

Depolama sonunda minör düzeyde, LCFA, VLCFA, MUFA, PUFA ve YA değerlerinin azaldığı, MCFA ve SFA değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. SCFA değerlerinde anlamlı bir değişim belirlenmemiştir (Çizelge 4.49).

Tereyağının aroması, tadı ve yağ asidi bileşimi üzerinde bakteri çeşitliliğinin önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yağ asidi kompozisyonu; hayvanın yaşı, cinsiyeti ve diyeti, mevsimler, starter kültür kullanımı ve starter kültür çeşidi gibi birçok faktörden de etkilenmektedir (Ozcan vd., 2016; Akgul vd., 2021).

Çizelge 4.49. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin kimyasal özelliklerine göre yağ asitleri kompozisyonu LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	ΣSCFA (%)	ΣMCFA (%)	ΣLCFA (%)	ΣVLCFA (%)	ΣSFA (%)	ΣMUFA (%)	ΣPUFA (%)	ΣYA (%)
BT	4	0,29 ^{ab}	10,07 ^b	89,09 ^c	0,18 ^{ab}	73,61 ^d	25,20 ^a	0,83 ^c	99,65 ^d
BB	4	0,28 ^c	10,06 ^c	89,25 ^b	0,17 ^b	73,77 ^c	25,11 ^b	0,88 ^b	99,76 ^b
BP	4	0,30 ^a	10,15 ^a	89,08 ^d	0,19 ^a	74,43 ^a	24,41 ^d	0,88 ^b	99,72 ^c
BR	4	0,29 ^{ab}	9,99 ^d	89,41 ^a	0,14 ^c	73,93 ^b	24,90 ^c	0,99 ^a	99,82 ^a
Depolama Süresi (Gün)									
1	8	0,29 ^a	9,76 ^b	89,52 ^a	0,18 ^a	73,67 ^b	25,13 ^a	0,94 ^a	99,75 ^a
90	8	0,29 ^a	10,38 ^a	88,90 ^b	0,15 ^b	74,20 ^a	24,67 ^b	0,85 ^b	99,72 ^b
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		Önemsiz	**	**	**	**	**	**	*
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**	**

ΣSCFA: Toplam kısa zincirli yağ asitleri; ΣMCFA: Toplam orta zincirli yağ asitleri; ΣLCFA: toplam uzun zincirli yağ asitleri; ΣVLCFA: Toplam çok uzun zincirli yağ asitleri; ΣSFA: Toplam doymuş yağ asitleri; ΣMUFA: Toplam tekli doymamış yağ asitleri; ΣPUFA: Toplam çoklu doymamış yağ asitleri; ΣYA: Toplam yağ asitleri. BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*, (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

4.2.10. Organik asit bileşimi

LAB ve probiyotik mikroorganizmalar, fermentasyon ve depolama sırasında, organik asitler (laktik, asetik, pirüvik vb.) gibi farklı metabolitlerin üretiminde aktif rol oynamaktadırlar. Bu nedenle ilave edilen kültürlerin biyo-metabolizması, ürünlerin duyu ve kalite özellikleri açısından önemli olmaktadır. Bu bileşikler, ürünlerde aroma ve tat gelişimi oluşturmada yanı sıra ortamda bulunan patojen mikroorganizmaların inhibe edilmesini de sağlamaktadır (Terpou vd., 2019; Younas vd., 2023).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde, depolama süresinin 1. ve 90. günlerindeki organik asit bileşenleri (oksalik, formik, laktik, sitrik, süksinik, fumarik, ürik, pirüvik ve orotik asit) belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.50a, b’de verilmiştir.

Örneklerin oksalik asit içeriğinin 0,17-60,72 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerleri incelendiğinde ise 1. günde 42,56 mg/kg ve 90. günde 0,28 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Formik asit içeriğinin 43,40-124,31 mg/kg arasında değiştiği, ortalamada ise 1. günde 81,98 mg/kg ve 90. günde ise 77,24 mg/kg olduğu saptanmıştır. Laktik asit, 25,30-71,67 mg/kg arasında ve ortalama olarak 1. günde 41,34 mg/kg ve 90. günde ise 37,16 mg/kg olarak belirlenmiştir. Sitrik asit miktarının 2,66-21,06 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerlerin de ise depolama süresi sonunda azaldığı saptanmıştır (1. günde 12,42 mg/kg, 90. günde 5,60 mg/kg). Süksinik asit miktarının 165,59-961,49 mg/kg arasında değiştiği, ortalama olarak ise 1. günde 541,13 mg/kg ve 90. günde 534,95 mg/kg olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.50a).

Örneklerin fumarik asit içeriğinin 0,16-0,39 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerlerinde ise fumarik asit içeriğinin 1. günde 0,20 mg/kg ve 90. günde 0,27 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Ürik asit içeriğinin 13,18-45,01 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerleri incelendiğinde ise depolama süresinin 1. gününde 26,80 mg/kg ve 90. gününde ise 25,17 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Pirüvik asit miktarının 0,47-2,69 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerleri incelendiğinde ise pirüvik asit içeriğinin 1. günde 1,86 mg/kg, 90. günde 2,01 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Orotik asit içeriğinin 1,37-

11,88 mg/kg arasında değiştiği, ortalama değerlerinin depolama sũresinin 1. gũnũnde 6,73 mg/kg ve 90. gũnũnde 7,69 mg/kg olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.50b).

Sũt yağı esaslı sũrũlebilir ũrũnlerin organik asit bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiştir. Őrneklelerin varyans analizinde organik asit bileşenlerinden oksalik, formik, laktik, sitrik, sũksinik, fumarik, ũrik, pirũvik ve orotik asit değerleri ũrnek şeşidi, depolama sũresi ve ũrnek şeşidi x depolama sũresi interaksiyonlarında $p<0,01$ dũzeyinde ũnemli bulunmuştur. Farklı kũltũr kombinasyonları kullanılan ũrneklelerde, organik asit işeriğinde değişikliklerin meydana geldiği saptanmıştır.

Sũt yağı esaslı sũrũlebilir ũrũnlerin organik asit değerlerine ait LSD testi sonuçlarında, oksalik asit işeriği en yũksek BP (30,44 mg/kg) ve en dũřũk BB (16,05 mg/kg) ũrneęinde tespit edilmiştir. Őrneklelerin formik asit işeriği en dũřũk BT (50,35 mg/kg) ve en yũksek BR (113,93 mg/kg) ũrneęinde bulunmuştur. Laktik asit işeriği en dũřũk 26,21 mg/kg ile BP ũrneęinde ve en yũksek 57,64 mg/kg ile BT ũrneęinde saptanmıştır (Çizelge 4.51).

Laktik asit, fermente sũtte bulunan temel organik asittir. Formik asit, asetik asit gibi diğer organik asitler ise daha çok LAB’nin fermentatif metabolik aktivitesinin bir sonucu olarak oluşmaktadır (Venica vd., 2014). Laktik asit konsantrasyonunun, mikroorganizma tũrũ ve gelişme ortamına bağlı olarak değişiklik gũsterdięi bildirilmiştir (Beauprez vd., 2010). Laktik asidin yũksek konsantrasyonu ve diğer asitlerin oluşumu ũzerindeki etkisi, LAB’nin proteinleri, yağları ve laktozu kullanabilme yetenekleri ile ilgili olmaktadır (Venica vd., 2014; Gebreselassie & Beyene, 2016).

Laktik asit ũretim miktarlarındaki farklılığın, laktoz hidrolizasyonunda gerekli olan galaktosidaz enzim aktivitesindeki değişiklik ile şekillendiği Zalan vd. (2010) tarafından aşıklanmıştır.

Çizelge 4.50a. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğindeki ortalama değişim sonuçları

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Oksalik Asit (mg/kg)		Formik Asit (mg/kg)		Laktik Asit (mg/kg)		Sitrik Asit (mg/kg)		Süksinik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	90	1	90	1	90	1	90	1	90
BT	44,84	0,26	43,40	57,30	43,60	71,67	7,39	7,54	251,40	165,59
BB	31,90	0,20	64,62	44,09	28,38	25,30	9,30	2,66	368,15	763,99
BP	60,72	0,17	116,33	83,27	26,10	26,32	11,95	8,41	583,50	958,63
BR	32,79	0,49	103,56	124,31	67,29	25,35	21,06	3,81	961,49	251,61
Minimum	31,90	0,17	43,40	44,09	26,10	25,30	7,39	2,66	251,40	165,59
Maksimum	60,72	0,49	116,33	124,31	67,29	71,67	21,06	8,41	961,49	958,63
Ortalama	42,56	0,28	81,98	77,24	41,34	37,16	12,42	5,60	541,13	534,95

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Çizelge 4.50b. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğindeki ortalama değişim sonuçları

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Fumarik Asit (mg/kg)		Ürik Asit (mg/kg)		Pirüvik Asit (mg/kg)		Orotik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	90	1	90	1	90	1	90
BT	0,16	0,20	16,32	25,52	1,18	2,46	11,29	7,09
BB	0,21	0,39	13,18	18,44	1,23	2,42	1,37	4,86
BP	0,16	0,31	45,01	16,35	2,55	2,69	4,90	11,88
BR	0,27	0,19	32,70	40,38	2,50	0,47	9,35	6,93
Minimum	0,16	0,19	13,18	16,35	1,18	0,47	1,37	4,86
Maksimum	0,27	0,39	45,01	40,38	2,55	2,69	11,29	11,88
Ortalama	0,20	0,27	26,80	25,17	1,86	2,01	6,73	7,69

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

L. plantarum 01, *L. paracasei* subsp. *paracasei* 05, *L. paracasei* subsp. *casei* SF1 ve *L. rhamnosus* VT1'in yağsız sütteki fermantasyonunda düşük konsantrasyonda formik asit üretildiği belirtilmiştir (Zalan vd., 2010). *L. lactis* subsp. *lactis* NCDO 2118'in farklı şeker substratlarında aktivitesinin incelenmesinde, laktoz varlığında laktik asit ve asetik asitten daha fazla format ürettiği, glikoz varlığında ise laktatın ana ürün olduğu belirtilmiştir. Metabolik yolun homolaktikten heterojen bir asit fermantasyonuna dönüşümü sonucunda bu durumun gerçekleştiği Garrigues vd. (1997) tarafından belirtilmektedir.

Sitrik asit içeriği, en düşük BB (5,98 mg/kg) ve en yüksek BR (12,43 mg/kg) örneğinde tespit edilmiştir. Süksinik asit, en düşük BT (208,50 mg/kg) örneğinde ve en yüksek BP (771,06 mg/kg) örneğinde saptanmıştır (Çizelge 4.51).

Lactobacillus suşları ile fermantasyondan sonra ortamda asetik asit bulunması, laktik asidin degradasyonu, sitrat metabolizması ve/veya heterofermentatif fermantasyon gibi farklı biyokimyasal yolların sonucunda oluşmaktadır. MRS ortamında, *L. casei* subsp. *casei* ve *L. plantarum* suşlarının laktik aside kıyasla daha yüksek miktarda asetik asit ürettikleri bildirilmiştir. Besiyeri ortamında, glikozun bulunması sitrat kullanımının engellenmesi nedeni ile (MRS'deki sitrat, amonyum sitrat'tan elde edilmektedir) asetatında temel ürünlerden biri olduğu ortamda yüksek oranda asetik asit üretiminin, heterofermentatif metabolizma sonucunda olabileceği belirtilmiştir (Diaz-Muniz & Steele, 2006).

Fumarik asit içeriğinin en düşük BT (0,18 mg/kg) örneğine ve daha yüksek ise BB (0,30 mg/kg) örneğine ait olduğu bulunmuştur. Ürik asit içeriği en düşük BB (15,81 mg/kg) örneğinde ve en yüksek BR (36,54 mg/kg) örneğinde saptanmıştır. Pirüvik asit içeriği, BR örneğinde düşük (1,48 mg/kg) ve BP (2,62 mg/kg) örneğinde ise daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Orotik asit içeriği en düşük BB (3,11 mg/kg) örneğinde ve en yüksek ise BT (9,19 mg/kg) örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.51).

Fermente süt ve süt ürünlerindeki pirüvik asit konsantrasyonun 4,7-86,5 ppm arasında değiştiği ve pirüvik asidin, sitrat ve glikoz metabolizmasının ara ürünü olduğu ve aynı

zamanda diğerk birçok metabolik yolda kullanılan bileşenlerden oluştuğı Kumar vd. (2015) tarafından bildirilmiştir. Dolayısı ile pirüvik asit miktarının yüksek olmasının *Lactobacillus* spp. türleri ile ilişkili olabileceğı belirtilmektedir (Morgunov vd., 2004).

Orotik asidin, süt ürünlerinde doğal olarak bulunan ve UHT işlemeye dayanıklı asit olduğu belirtilmiştir (Potss & Peterson, 2019). Sütte orotik asit konsantrasyonunun fermantasyon süresi ve starter kültüre bağı olduğu çalışmacılar tarafından da belirtilmektedir (Haggerty vd., 1984; Venica vd., 2014).

Depolama sonunda oksalik, formik, laktik, sitrik, süksinik ve ürik miktarlarının azaldığı, fumarik, pirüvik ve orotik asit miktarlarının ise arttığı saptanmıştır (Çizelge 4.51).

Zalan vd. (2010), *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. paracasei* ve *L. curvatus* türlerine ait suşların farklı ortamlarda organik asit üretme yeteneklerinin olduğunu ve üretilen asitlerin miktarının, gelişme ortamı ve suşlara göre değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Geleneksel süt ürünlerinden izole edilen *Lacticaseibacillus* suşlarının organik asit üretme yetenekleri ve bileşimindeki farklılıkların, suşlar arasındaki genetik yapılar ve kullandıkları metabolik yollardan kaynaklanabileceğı Hassan vd. (2023) tarafından da belirtilmektedir.

Depolama sonunda minör düzeyde, fumarik, pirüvik ve orotik asit değerlerinin arttığı, oksalik, formik, laktik, sitrik, süksinik ve ürik asit değerlerinin ise azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.51).

Süt yağı açısından zengin olan tereyağında, bütirik, propiyonik ve formik asit gibi organik bileşikler tat ve aromayı şekillendirmektedir (Paduret, 2021). Sütte, sitrik asit konsantrasyonunun ~ 20-60 ppm olduğu, fermente süt ve kremada bulunan sitratın, sitrik aside dönüştürülmesinde, Cit⁺ özellik gösteren suşların metabolize etme yeteneklerinin etkili olduğu bildirilmiştir (Szkolnicka vd., 2020).

Vasylivna vd. (2015) ekşi kremadan üretilen örneklerin uçucu aroma bileşiklerinden, asetik asit ve propiyonik asit miktarının tatlı kremadan daha yüksek, isobütirik asit ve bütirik asit miktarlarının ise daha düşük olduğunu saptamışlardır. Tereyağlarının 6 ay depolanmasının ardından ise, ekşi kremada, asetik asit, propiyonik asit ve isobütirik asit miktarlarının tatlı kremadan elde edilen tereyağlarında daha yüksek, bütirik asit miktarının ise daha düşük olduğu belirtilmiştir.

LAB türleri arasında ve aynı türün alt suşları arasında dahi metabolizma farklılıkları olduğu Zalan vd. (2010) tarafından bildirilmiştir.

Çizelge 4.51. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin organik asit içeriğine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Oksalik Asit (mg/kg)	Formik Asit (mg/kg)	Laktik Asit (mg/kg)	Sitrik Asit (mg/kg)	Süksinik Asit (mg/kg)	Fumarik Asit (mg/kg)	Ürik Asit (mg/kg)	Pirüvik Asit (mg/kg)	Orotik Asit (mg/kg)
BT	6	22,55 ^b	50,35 ^d	57,64 ^a	7,46 ^c	208,50 ^d	0,18 ^c	20,92 ^c	1,82 ^b	9,19 ^a
BB	6	16,05 ^d	54,35 ^c	26,84 ^c	5,98 ^d	566,07 ^c	0,30 ^a	15,81 ^d	1,82 ^b	3,11 ^d
BP	6	30,44 ^a	99,80 ^b	26,21 ^d	10,18 ^b	771,06 ^a	0,23 ^b	30,68 ^b	2,62 ^a	8,39 ^b
BR	6	16,64 ^c	113,93 ^a	46,32 ^b	12,43 ^a	606,55 ^b	0,23 ^b	36,54 ^a	1,48 ^c	8,14 ^c
Depolama Süresi (Gün)										
1	12	42,56 ^a	81,98 ^a	41,34 ^a	12,42 ^a	541,13 ^a	0,20 ^b	26,80 ^a	1,86 ^b	6,73 ^b
90	12	0,28 ^b	77,24 ^b	37,16 ^b	5,60 ^b	534,95 ^b	0,27 ^a	25,17 ^b	2,01 ^a	7,69 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	**	**	**	**	**	**

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

4.2.11. Aroma bileşikleri

İnsan sağlığına faydalı biyoaktif bileşenlerin zengin bir kaynağı olan fermente gıdalarda, starter kültür olarak kullanılan LAB ile, glikoliz, proteoliz ve lipoliz metabolizması sonucunda meydana gelen bileşenler uçucu aroma profillerini oluşturmaktadır (Kozłowska vd., 2022).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin depolama süresinin 1. ve 90. günlerindeki aroma bileşenleri (asetaldehit, aseton, asetoin, 2-bütanon, diasetil, propiyonik ve bütirik asit) sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Örneklerin asetaldehit miktarları 0,61-1,09 mg/kg olarak tespit edilmiş ortalama değerler incelendiğinde ise, depolama süresinin 1. gününde 0,83 mg/kg ve 90. gününde 0,93 mg/kg olarak saptanmıştır. Aseton miktarlarının 0,03-0,76 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama değerlerin ise depolama süresinin 1. gününde 0,05 mg/kg ve 90. gününde 0,50 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Asetoin miktarları, 0,04-5,28 mg/kg arasında değişmiş ve ortalama olarak depolama süresinin 1. gününde 0,12 mg/kg ve 90. gününde 1,68 mg/kg değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.52).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait aroma bileşiklerinden 2-bütanon miktarları 9,74-10,13 mg/kg arasında değişiklik gösterirken, ortalama olarak ise, depolama süresinin 1. gününde 9,89 mg/kg ve 90. gününde 9,90 mg/kg değerleri tespit edilmiştir. Diasetil miktarlarının 0,54-1,47 mg/kg aralığında olduğu belirlenmiş ve ortalama değerleri ise, depolama süresinin 1. gününde 0,89 mg/kg ve 90. gününde 1,12 mg/kg olarak saptanmıştır. Propiyonik asit miktarlarının 26,89-82,27 mg/kg arasında değiştiği ve depolama süresinin 1. gününde 30,81 mg/kg ve 90. gününde ise 68,58 mg/kg ortalama değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bütirik asit değerlerinin, 36,43-61,41 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama miktarlarının depolama süresinin 1. gününde 39,49 mg/kg ve 90. gününde ise 56,89 mg/kg olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.52. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin aroma bileşenleri içeriğindeki ortalama değişim sonuçları

Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürün Örnekleri	Asetaldehit (mg/kg)		Aseton (mg/kg)		Asetoin (mg/kg)		2-Bütanon (mg/kg)		Diasetil (mg/kg)		Propiyonik Asit (mg/kg)		Bütirik Asit (mg/kg)	
	Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)		Depolama Süresi (Gün)	
	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21	1	21
BT	0,74	0,61	0,03	0,76	0,04	5,28	9,75	10,00	0,74	1,47	36,94	73,49	43,24	55,00
BB	0,72	1,03	0,07	0,19	0,35	0,44	9,89	9,74	0,82	0,54	32,13	67,26	36,43	57,72
BP	0,76	1,08	0,04	0,36	0,05	0,35	10,13	9,88	1,18	1,22	26,89	51,29	39,61	53,43
BR	1,09	1,00	0,07	0,69	0,05	0,66	9,80	9,99	0,84	1,27	27,28	82,27	38,67	61,41
Minimum	0,72	0,61	0,03	0,19	0,04	0,35	9,75	9,74	0,74	0,54	26,89	51,29	36,43	53,43
Maksimum	1,09	1,08	0,07	0,76	0,35	5,28	10,13	10,00	1,18	1,47	36,94	82,27	43,24	61,41
Ortalama	0,83	0,93	0,05	0,50	0,12	1,68	9,89	9,90	0,89	1,12	30,81	68,58	39,49	56,89

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus*

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin aroma kompozisyonuna ait varyans analizi sonuçlarına göre, asetaldehit, aseton, asetoin, diasetil ve propiyonik asit miktarları örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bütirik asit miktarları depolama süresi açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli, örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda ise önemsiz ($p > 0,05$) olarak belirlenmiştir. 2-bütanon miktarının ise örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu açısından önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.53).

Örneklerin, asetaldehit içeriği, en yüksek BR örneğinde (1,05 mg/kg) ve daha düşük ise BT örneğinde (0,67 mg/kg) tespit edilmiştir. Aseton içeriği en yüksek BT (0,40 mg/kg) ve BR (0,38 mg/kg) örneklerinde, daha düşük değerin ise BB (0,13 mg/kg) örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Asetoin miktarının en yüksek BT örneğinde (2,66 mg/kg) ve daha düşük değerin BP örneğinde (0,20 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. Örneklerin, 2-bütanon içeriğinin tüm örneklerde benzer konsantrasyonlarda ve farklılıkların önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.53).

Diasetil içeriğinin, BT, BP ve BR örneklerine göre *L. brevis* içeren BB örneklerinde daha düşük konsantrasyonda olduğu bulunmuştur. Propiyonik asit miktarları, en yüksek BT (55,22 mg/kg) ve BR (54,77) örneklerinde, daha düşük ise BP örneğinde (39,08 mg/kg) tespit edilmiştir. Tüm örneklerde bütirik asit içerikleri açısından farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.53).

Süt ürünlerinde tat ve aroma oluşumu uçucu ve uçucu olmayan bileşikler ile sağlanmaktadır. Süt ürünlerinde aroma; alkoller, aldehytler, esterler, dikarboniller, kısa ve orta zincirli serbest yağ asitleri, metil ketonlar, laktonlar, fenolik bileşikler ve kükürt uçucu aroma bileşiklerinden oluşmaktadır (Liu vd., 2004).

Süt yağının ve süt yağından elde edilen süt yağı esaslı ürünlerin sahip olduğu aroma bileşimleri, hayvan beslenmesine, üretim mevsimine, üretim ekipmanlarına ve saklama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tereyağı üretimi genellikle, starter kültürler ile fermente edilen/fermente edilmemiş kremadan ve de sonradan laktik asit

veya aroma bileşeni ilave edilerek farklı yöntemler ile işlenen krema ile elde edilmektedir. Tereyağında 230'dan fazla uçucu bileşik tespit edildiği, ancak bu bileşiklerin çok azının tereyağı aromasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Mallia vd., 2008).

LAB anaerobik ortamda, laktat dehidrojenaz enzimi ile pirüvatı, laktik aside ve pirüvatın da bir kısmı, diasetil, asetoin, asetaldehit, asetik asit ve etanol gibi kısa zincirli aroma bileşiklerine dönüştürülmektedir (Marilley & Casey, 2004; Smit vd., 2005). LAB'nin pirüvat katabolizması sonucu oluşan, birincil aroma bileşikleri arasında asetat, format, etanol, asetaldehit, diasetil, asetoin ve 2,3 bütandiol bulunmaktadır (Liu, 2003; Smit vd., 2005).

Aldehitler, birincil alkollerin ilk oksidasyon ürünleri olup, amino asitler ve lineer aldehitlerin Strecker bozunması ile ve /veya doymamış yağ asitlerinin β -oksidasyonu ile oluşmaktadır (Collins vd., 2003). Aroma bileşiklerinden aldehitlerin artan miktarının ve reaksiyonlarının, özellikle tat değişiklikleri ile ilişkili olup, raf ömrünün azalmasına, istenmeyen koku oluşumuna, tekstürel kusurlara ve besin değerinde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Panseri vd., 2011).

Ekşi ve tatlı krema kullanılarak üretilen tereyağı örneklerinde depolama süresince farklı tat ve aroma bileşiklerinin oluştuğu bildirilmiştir. Ürünlerde aldehit içeriğinin yüksek miktarda tespit edilmesinin gerçekleşen oksidatif reaksiyonlara bağlı olduğu belirtilmektedir (Vasylivna vd., 2015).

Fermente süt ürünlerinin organoleptik özelliklerine katkıda bulunan yaygın metabolitlerin asetaldehit, 2,3-bütandion, asetoin, 2-undekon, 2-nonanon, 2-heptanon ve bütirik asit olduğu belirlenmiştir (Zhang vd., 2022). Bu bileşenlerden, tereyağlı ve kremamsı aromanın oluşumuna katkı sağlayan karbonil bileşiklerinden diasetil ve asetoin, farklı LAB türleri (*Lactobacillus* spp.) tarafından karbonhidrat veya sitrat metabolizması ile oluşmaktadır (Rutkowska & Adamska, 2022). Diasetil olarak da bilinen 2,3-bütandion ise fermente süt kreması ve vanilya tatları oluşturmaktadır (Cheng, 2010; Cheng vd., 2017). LAB ile pirüvik asit ise, α -asetolaktat yolu ile 2,3-bütandion'a dönüştürülebilmektedir (Cheng, 2010).

Tipik tereyağı aromasının, anahtar bileşiği olarak kabul edilen diasetilin, ortamın pH'sı 4,7-5,2 aralığında bulunması ile en yüksek konsantrasyonda oluşturulduğu bildirilmiştir (Povolo & Contarini, 2003; Musiy vd., 2017). Biyokimyasal olarak sitratın dekarboksilasyonu ile de elde edilmektedir (Macciola vd., 2008). Çeşitli araştırmacılar, tereyağlarında depolama ile birlikte diasetil miktarının azaldığını belirtmişlerdir (Lozano vd., 2007; Mallia vd., 2008; Tahmas-Kahyaoglu vd., 2022). Diasetilin indirgenmesi ile asetoin, asetoinin indirgenmesi ile 2,3 bütandiol, ardından 2-bütanon ve son olarak 2-bütanol oluşmaktadır (Izco & Torre, 2000).

Asetoin ve 2,3-bütandionun konsantrasyonu, fermente sütün hafif, hoş ve tereyağlı aromasını zenginleştirmektedir. Örneğin, 1:1 asetaldehit ve diasetil oranı tipik bir yoğurt aroması verirken, diasetile göre daha fazla asetaldehit miktarının taze (fresh) bir kokuya sebep olacağı belirtilmiştir (Cheng, 2010).

Ketonlar, ketoasit ve metil ketonların dekarboksilasyonu sonucunda oluşan yağ asitlerinin enzimatik oksidasyonu ile oluşmaktadır (McSweeney & Sousa, 2000). 3-Hidroksi-2-bütanon, literatürde asetoin veya asetil metil karbinol olarak da bilinen ve diasetil metabolizması veya laktozun laktik aside dönüştürülmesi sırasında, pirüvat metabolizması sonucu oluşmaktadır (Rehman vd., 2000; Nogueira vd., 2005). Ketonlar, açıl lipidlerin β -oksidasyonu ile üretilmekte ve birçok süt ürününün aroma oluşumunda etkin rol oynamaktadır (Matera vd., 2018; Tian vd., 2019; Tian vd., 2019a).

Çizelge 4.53. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin aroma bileşenlerindeki değişimin LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Asetaldehit (mg/kg)	Aseton (mg/kg)	Asetoin (mg/kg)	2-Bütanon (mg/kg)	Diasetil (mg/kg)	Propiyonik (mg/kg)	Bütirik (mg/kg)
BT	12	0,67 ^c	0,40 ^a	2,66 ^a	9,87 ^a	1,11 ^a	55,22 ^a	49,12 ^a
BB	12	0,87 ^b	0,13 ^c	0,39 ^b	9,81 ^a	0,68 ^b	49,69 ^b	47,08 ^a
BP	12	0,92 ^{ab}	0,20 ^b	0,20 ^c	10,00 ^a	1,20 ^a	39,08 ^c	46,52 ^a
BR	12	1,05 ^a	0,38 ^a	0,35 ^b	9,90 ^a	1,05 ^a	54,77 ^a	50,04 ^a
Depolama Süresi (Gün)								
1	6	0,83 ^b	0,05 ^b	0,12 ^b	9,90 ^a	0,89 ^b	30,81 ^b	39,49 ^b
90	6	0,93 ^a	0,50 ^a	1,68 ^a	9,89 ^a	1,12 ^a	68,58 ^a	56,89 ^a
Örnek Çeşidi		**	**	**	Önemsiz	**	**	Önemsiz
Depolama Süresi		**	**	**	Önemsiz	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**	Önemsiz	**	**	Önemsiz

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

4.2.12. Duyusal özellikler

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, gıdalar için standart ürün ve kalite derecelendirme prosedürlerinin yayımlanması, duyusal değerlendirme yöntemlerini daha önemli hale getirmiştir. Gıdaların tüketiciler tarafından tercih edilebilirliği, görme, koklama, tatma ve dokunma yolu ile belirlenmekte ve gıda güvenliği/kalitesinin değerlendirilmesinde de bu duyular kullanılmaktadır (Drake vd., 2023).

Tereyağı ve farklı bileşimlerdeki süt yağı esaslı sürülebilir ürünler, toplam yağ içeriği, yağ asidi, trigliserit bileşimi, doymuş/doymamış yağ asidi ve kolesterol içeriğindeki farklılıklar ile sağlık yararları ve besleyici özellikleri açısından sıklıkla değerlendirilen ürünlerdir (Mortensen, 2016; Johnson, 2019). Tereyağı ve sürülebilir ürünlerin üretim yöntemleri ve yağ asidi kompozisyonu, ürünlerin tekstürünü doğrudan etkilemekte ve bu da duyusal özelliklerine büyük ölçüde yansımaktadır. Bu nedenle tereyağı ve sürülebilir ürünlerin makro/mikro yapısı ile ilgili çalışmalar oldukça önemli olmaktadır (Smykov, 2020).

Ürünlerin seçimi ve tüketimi, duyusal ve duyusal olmayan özelliklerden etkilenen oldukça karmaşık bir olgudur. Tüketicilerin bir ürün hakkındaki algısını anlamak özellikle de ticari başarı için önemli bir faktördür (King & Meiselman, 2010; Esmerino vd., 2017).

Bu tez çalışmasında, fermente kremadan elde edilen, sürülebilir süt yağı ürünlerinin duyusal değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi amacı ile panelistlere sunum yapılmıştır. Bu amaçla, hedonik test kullanılarak; renk, dış görünüş, aroma, tat, krema tadı, ekşilik, diasetil aroması, yapı ve tekstür, sıklık, pürüzsüzlük, sürülebilirlik, kremamsılık, genel kabul edilebilirlik ve satın alma niyeti parametreleri incelenmiştir.

Duyusal analizlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.54a, b, c’de verilmiştir. Örneklerin dış görünüşlerinin değerlendirilmesinde LSD testi sonuçlarına göre, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi etkileşimleri açısından $p < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur.

Aroma ve tat parametrelerinin değerlendirilmesinde, örnek çeşidinde $p<0,01$, depolama süresinde $p<0,05$ düzeyinde önemli ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda önemsiz ($p>0,05$) olarak farklılıklar tespit edilmiştir. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin krema tadı değerlerinde, örnek çeşidi ve depolama süresi $p<0,01$ düzeyinde önemli farklılık belirlenmiştir (Çizelge 4.54 a, b, c).

Örneklerin ekşilik ve diasetil aroması, örnek çeşidi ve depolama süresi açısından önemli ($p<0,01$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda ise $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54a). Örneklerin yapı-tekstür ve sıklık parametrelerinde yalnızca depolama süresi interaksyonunda $p<0,01$ düzeyinde önemli farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.54b).

Pürüzsüzlük ve sürülebilirlik parametrelerine ait varyans analizi sonuçlarında ise, örnek çeşidinde $p<0,05$, depolama süresi açısından $p<0,01$ düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur. Kremamsılık parametresinde ise, depolama süresi $p<0,05$ düzeyinde önemli olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.54b).

Örneklerin genel kabul edilebilirlik özellikleri örnek çeşidi ve depolama süresi açısından önemli ($p<0,01$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunda önemsiz bulunmuştur. Satın alma niyeti parametresi, örnek çeşidinde $p<0,05$ düzeyinde önemli ve diğerlerinde önemsiz olarak saptanmıştır (Çizelge 4.54c).

Dış görünüş parametresinde *L. rhamnosus* içeren süt yağı esaslı sürülebilir ürünün (BR), diğer örneklerle (BT, BB ve BP) göre düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Depolama süresinin 1. 30. ve 60. günlerinde ise dış görünüş özelliklerinin daha yüksek puanlar aldığı saptanmıştır. Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin aroma parametresinde farklılıkların olduğu ve en çok beğenilenin kontrol BT olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca aroma özelliklerinin azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.54a).

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin karakteristik duysal özelliğini oluşturan krema tadının en yoğun olduğu örnek kontrol BT olarak saptanmıştır. Depolama süresince örneklerin krema tadının azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.54a).

Kültür ilaveli tereyağlarının duysal değerlendirmeleri, genellikle yoğun diasetil aroması ile karakterize edilmektedir (Jinjarak vd., 2006). LAB'nin biyometabolizması ile doğrudan ilişkili olan ekşilik ve diasetil aroması örnekler arasında farklılıklara neden olmuştur. Ekşilik ve diasetil aroması açısından en beğenilen örnek yine kontrol BT olarak saptanmıştır (Çizelge 4.54a).

Sertlik ve sürülebilirlik, yağların tekstürü ile bağlantılı olarak enstrümental ve duysal analizlerde değerlendirilen temel özelliklerden olup, tüketici açısından genel kabul edilebilirliği etkilemektedir (Rohm & Ulbert, 2007; ISO, 2020).

Örnek çeşitleri açısından yapı-tekstür, sıkılık, sürülebilirlik ve kremamsılık özelliklerinde farklılık olmadığı, depolama süresinde ise bu özelliklerin 60. güne kadar sabit kaldığı ancak depolama sonunda az miktarda azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.54b).

Duysal değerlendirme prosedüründe genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından, BT örneğinin BB ile BP örneğinin ise BR ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Örneklerin satın alma niyetinde ise, en yüksek beğeniyi BT örneği almıştır. Panelistlerin bilinen tereyağı benzeri ürünler açısından alışkanlık ve eğilimlerinin geleneksel ticari ürün anlamında beğeniyi arttırdığı düşünülmektedir (Çizelge 4.54c).

Lactobacillus veya *Bifidobacterium* spp. içeren süt yağı esaslı ürünlerin duysal olarak kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu Ong vd. (2007) ve dos Santos vd. (2020) tarafından belirtilmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait genel kabul edilebilirlik parametresindeki değişim Şekil 4.25, satın alma niyetindeki değişim Şekil 4.26, hedonik değerlendirme parametrelerindeki değişim Şekil 4.27 ve ürünlere ait görüntüler ise Şekil 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.54a. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyuusal özelliklerine ait LSD testi sonuçları*

Örnek Çeşidi	N	Dış Görünüş	Aroma	Tat	Krema Tadı	Ekşilik	Diasetil Aroması
BT	21	9,00±0,010 ^a	8,86±0,122 ^a	8,87±0,123 ^a	8,92±0,094 ^a	8,88±0,091 ^a	8,95±0,053 ^a
BB	21	9,00±0,000 ^a	8,77±0,215 ^{ab}	8,84±0,091 ^a	8,85±0,120 ^{ab}	8,77±0,173 ^{ab}	8,87±0,158 ^{ab}
BP	21	8,97±0,060 ^a	8,34±0,434 ^c	8,40±0,385 ^b	8,46±0,432 ^c	8,32±0,564 ^c	8,51±0,569 ^c
BR	21	8,91±0,190 ^b	8,40±0,236 ^{bc}	8,41±0,232 ^b	8,50±0,285 ^{bc}	8,42±0,349 ^{bc}	8,59±0,298 ^{bc}
Depolama Süresi (Gün)							
1	21	9,00±0,000 ^a	8,86±0,156 ^a	8,82±0,198 ^a	8,86±0,132 ^a	8,87±0,100 ^a	8,98±0,038 ^a
30	21	9,00±0,000 ^a	8,64±0,222 ^{ab}	8,78±0,159 ^a	8,84±0,119 ^{ab}	8,64±0,214 ^{ab}	8,76±0,184 ^{ab}
60	21	9,00±0,010 ^a	8,51±0,373 ^{ab}	8,43±0,371 ^a	8,51±0,431 ^{ab}	8,30±0,626 ^b	8,40±0,563 ^b
90	21	8,88±0,179 ^b	8,43±0,443 ^b	8,49±0,376 ^a	8,51±0,372 ^b	8,58±0,322 ^{ab}	8,77±0,208 ^{ab}
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		**	*	*	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	*	*

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

***Hedonik:** 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

Çizelge 4.54b. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyuusal özelliklerine ait LSD testi sonuçları*

Örnek Çeşidi	N	Yapı - Tekstür	Sıklık	Pürüzsüzlük	Sürülebilirlik	Kremamsılık
BT	21	8,94±0,049 ^a	8,92±0,059 ^a	8,95±0,048 ^a	8,94±0,038 ^a	8,94±0,040 ^a
BB	21	8,94±0,079 ^a	8,96±0,053 ^a	8,98±0,028 ^a	8,96±0,053 ^a	8,95±0,042 ^a
BP	21	8,81±0,228 ^a	8,78±0,279 ^a	8,82±0,307 ^{ab}	8,80±0,286 ^a	8,83±0,252 ^a
BR	21	8,80±0,198 ^a	8,75±0,284 ^a	8,60±0,362 ^b	8,69±0,262 ^a	8,74±0,222 ^a
Depolama Süresi (Gün)						
1	21	8,97±0,026 ^a	8,98±0,023 ^a	8,94±0,107 ^a	8,91±0,138 ^a	8,93±0,115 ^a
30	21	9,00±0,010 ^a	9,00±0,010 ^a	9,00±0,010 ^a	8,99±0,020 ^a	8,97±0,012 ^a
60	21	8,80±0,118 ^{ab}	8,78±0,132 ^{ab}	8,81±0,275 ^{ab}	8,86±0,109 ^{ab}	8,89±0,090 ^a
90	21	8,73±0,197 ^b	8,65±0,277 ^b	8,60±0,370 ^b	8,63±0,300 ^b	8,67±0,254 ^b
Örnek Çeşidi		Önemsiz	Önemsiz	*	*	Önemsiz
Depolama Süresi		**	**	**	**	*
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz

BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Hedonik: 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

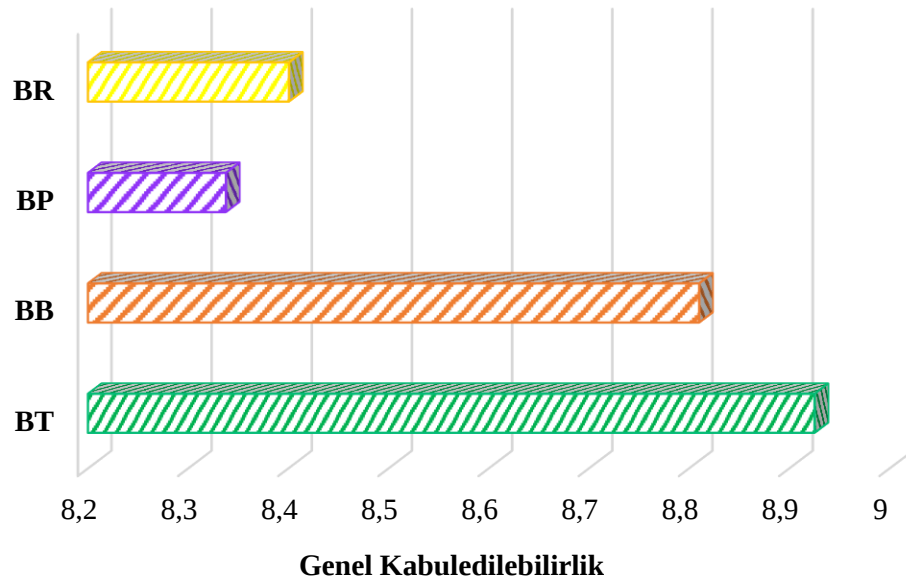
Çizelge 4.54c. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin duyuasal özelliklerine ait LSD testi sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Genel Kabul Edilebilirlik*	Satın Alma Niyeti**
BT	21	8,92±0,033 ^a	4,95±0,020 ^a
BB	21	8,79±0,191 ^a	4,88±0,188 ^{ab}
BP	21	8,43±0,475 ^b	4,73±0,154 ^{bc}
BR	21	8,38±0,365 ^b	4,62±0,227 ^c
Depolama Süresi (Gün)			
1	21	8,92±0,123 ^a	4,90±0,100 ^a
30	21	8,66±0,181 ^{ab}	4,79±0,147 ^a
60	21	8,55±0,370 ^b	4,80±0,191 ^a
90	21	8,40±0,555 ^b	4,70±0,324 ^a
Örnek Çeşidi		**	*
Depolama Süresi		**	Önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		*	Önemsiz

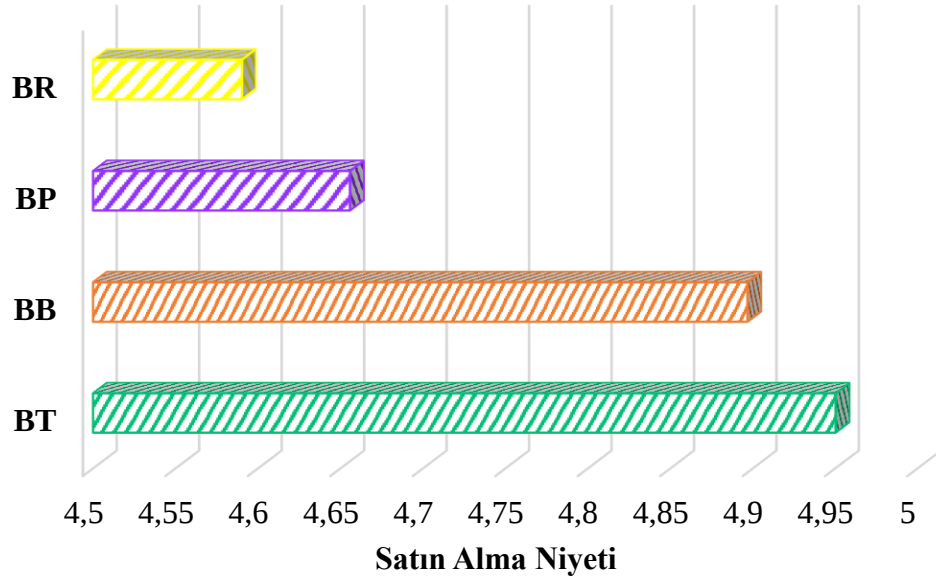
BT: Karışık kültür, BB: Karışık kültür + *L. brevis*, BP: Karışık kültür + *L. paracasei*, BR: Karışık kültür + *L. rhamnosus* (*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli. Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Hedonik: 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim

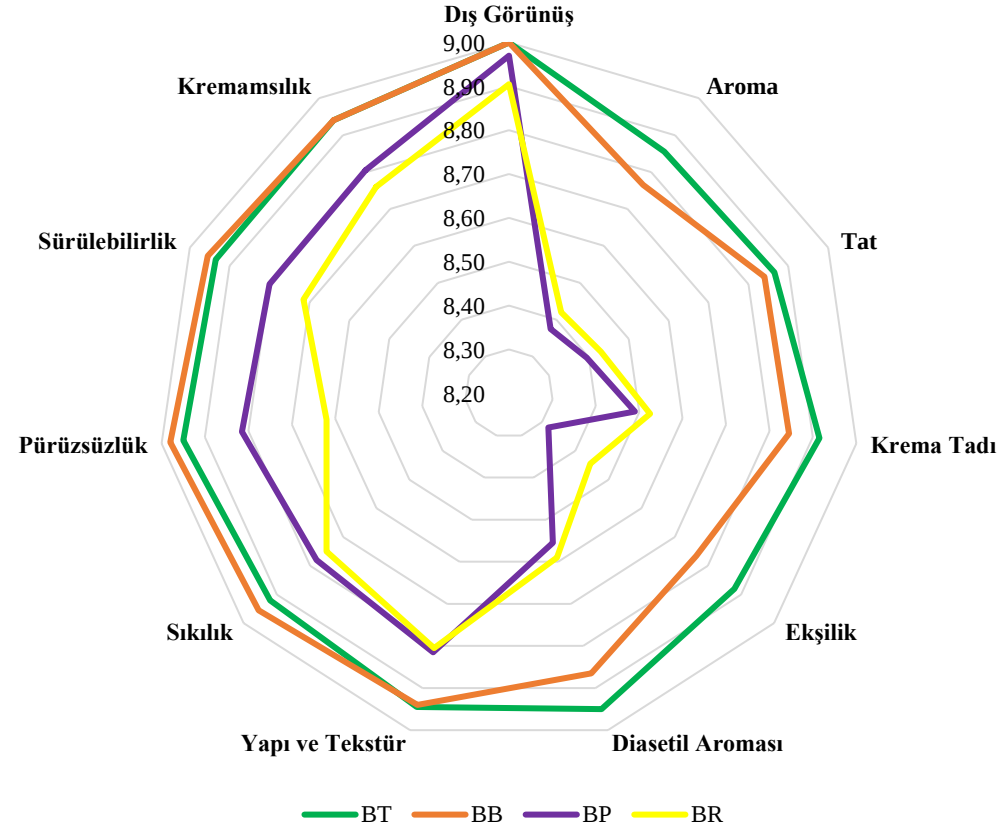
Satın Alma Niyeti: 5- Kesinlikle satın alırım, 4- Belki alırım, 3- kararsızım 2- Satın almam, 1- Kesinlikle satın alma



Şekil 4.25. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait genel kabul edilebilirlik değerleri

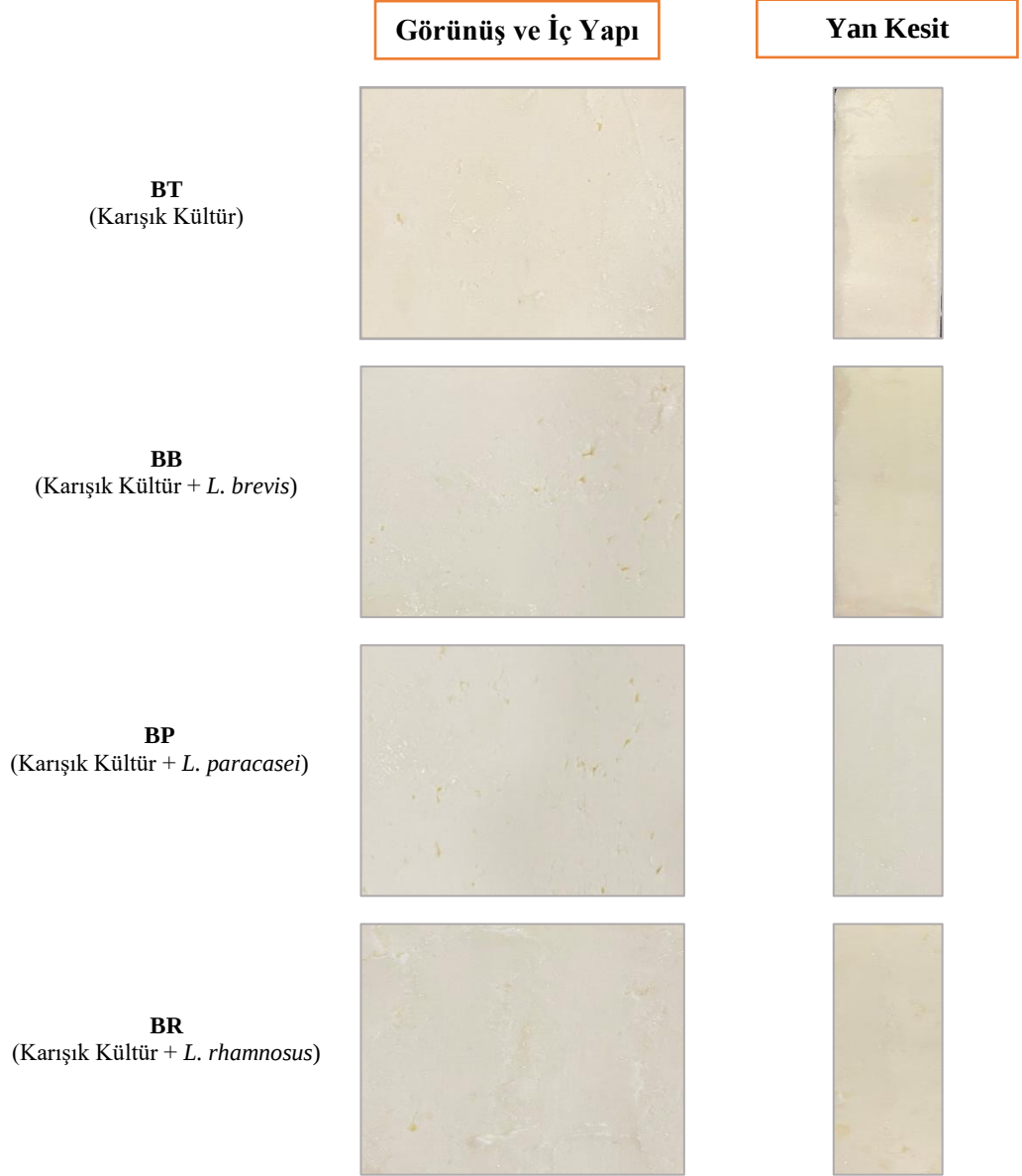


Şekil 4.26. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerde satın alma niyetine ait değerler



Şekil 4.27. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin hedonik değerlendirme parametrelerindeki değişim*

***Hedonik:** 9- Son derece beğendim, 8- Çok beğendim, 7- Orta derece beğendim, 6- Az beğendim, 5-Ne beğendim ne beğenmedim, 4-Biraz beğenmedim, 3- Orta derece beğenmedim, 2- beğenmedim, 1-Hiç beğenmedim



Şekil 4.28. Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlere ait görüntüler

5. SONUÇ

Geleneksel fermente gıdalar, farklı kültür ve toplumlarda, insan beslenmesinin önemli bir besin grubunu oluşturmakta ve temel beslenme ihtiyaçlarının karşılanması yanı sıra sağlığın geliştirilmesinde de büyük öneme sahip bulunmaktadır.

Yenilikçi sürekli/ticari üretim kapasitelerinin geliştirilmesi, tüketicilerin farklı fermente ürünlere olan erişimini kolaylaştırarak tat ve damak zevklerinin ön plana çıkmasına yol açmıştır. Lezzetli, aromatik, yapısal açıdan stabil karakteristiklere sahip fermente ürünler, ayrıca kronik hastalıkların engellenmesi ve iyileştirilmesi ya da yaşam kalitesinin artırılması gibi sağlığı geliştirici özellikleri nedeni ile de tercih edilmektedir.

Fermantasyon hammaddelerin raf ömrünü uzatma amacının yanı sıra gıdaların kalitesi ve duyuşsal özelliklerine de katkıda bulunmaktadır. Fermantasyonda yer alan en önemli bakteri grubunu laktik asit bakterileri oluşturmaktadır. Üretimde farklılıkların sağlanması bu gıdalardaki LAB'nin bireylerin beslenmesine taşınmasında en önemli araçtır. Bu bakteriler, gıda matriksindeki temel bileşenlerin metabolize edilmesi ile peptitler, amino asitler, organik asitler, aldehytler, alkoller, esterler ve yağ asitleri gibi makro ve mikro bileşiklerin oluşturulmasında önemli metabolik reaksiyonları gerçekleştirmektedir.

Süt ürünlerine atfedilen biyoterapötik özellikler ise, genellikle fermantasyon prosesinde kullanılan LAB'ı ile sağlanmaktadır. Yapılan çalışmalar ile bu bakterilerin belirtilen özellikleri klinik araştırmalarda da yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, LAB ve probiyotik bakterilerin bağırsak enfeksiyonları, alerjik hastalıklar, kolon kanseri başta olmak üzere çeşitli kanser türlerinin iyileştirilmesi, sindirim ve bağışıklık sisteminin düzenlenmesi gibi etkileri ile açıklanmaktadır.

LAB tarafından temel bileşenlerin metabolize edilmesi sağlık etkisinin dışında, fermente gıdaların raf ömrü, aroma, tat ve tekstürünün geliştirilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. LAB bu amaçla tek veya kombine kültürler halinde geleneksel ürünlerinin üretilmesinde ve çeşitlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Fermente gıdalarda LAB'nin ürün matriksindeki etkilerinin araştırılması, endüstriyel uygulamalarda birçok yönden fayda sağlamaktadır. Bakterilerin üründe canlı olması, raf ömrü boyunca bu canlılığın korunması ve en iyi kalitede ürün özelliklerinin oluşturulması önemli teknolojik potansiyellerindendir. LAB'nin temel biyo-fonksiyonları olan glikoliz, proteoliz ve lipoliz endüstride üretim parametrelerinin oluşturulmasında, tekstür ve aroma özelliklerinin geliştirilmesinde önemli olmaktadır.

Günlük diyetlerde birçok insan tarafından tercih edilen ve fermente süt ürünlerinin en geniş grubunu oluşturan peynir, temel bileşenlerinin yanı sıra LAB'nin de önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Özellikle geleneksel yöntem ile doğal mikrobiyotası korunarak üretilmiş peynirler birçok farklı LAB'ni yapısında barındırmaktadır. Çeşitliliği sağlayan LAB'nin geleneksel peynirlerden izole edilmesi ve özellikle üründe tesadüfi olarak bulunan starter olmayan bakterilerin de teknolojik özelliklerinin araştırılması, sahip oldukları metabolik yollar ile biyo-reaksiyonlarının incelenmesi ve hatta izolasyonlarının gerçekleştirilerek farklı ürünlerdeki davranışlarının belirlenmesi bu alandaki çalışmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Gıdaların farklı emülsiyon sistemlerinden oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda izole edilen bu mikroorganizmaların davranışları büyük oranda değişiklik göstermektedir. LAB'nin temel substratlarından olan karbonhidratların degradasyonunda ve birincil metabolik yollarından olan glikoliz sonucunda, ortamda karbonhidratların farklı kompozisyonları ve proteinler/yağlar ile interaksiyonlarına da bağlı olarak bu bakterilerin fermantasyon dinamiklerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Farklı suşlara ait bakterilerin bulunduğu gıda emülsiyonlarında, ortak yaşam sisteminde üretilen metabolitler ile ürünün fonksiyonel özelliklerine yön veren simbiyotik veya antagonistik etkiler oluşturmaktadır.

Geleneksel Mihaliç peynirinden izole edilen bakterilerin, farklı emülsiyon sistemlerinde metabolizmalarının açıklanması bu tez çalışmasının amacını oluşturmuştur. Seçilen izole edilmiş mikroorganizma türlerinin, değişen biyo-mekanizmalarının yağsız fermente süt ve krema sistemlerindeki davranışlarının incelenmesi hedeflenmiştir. Biyo-metabolik mekanizmalar ile major komponentlerin minör komponentlere (amino asitler, aroma

bileşikleri, organik asitler ve yağ asitleri vb.) dönüşümlerinin tespit edilmesi, bu değişimler sonucunda fermente süt sistemlerinin fonksiyonel, reolojik, tekstürel ve duyuşsal karakteristiklerin incelenmesi ve temel starter kültürler ile etkileşimlerinin araştırılması ticari üretim yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu amaçla, fermente süt ürünlerinin üretilmesinde, geleneksel yoğurt kültürlerine ek olarak otokton *L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* suşları kullanılmıştır.

Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde (2022/44) spesifik mikroorganizma sayısı en az 10^7 kob/g; Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Tebliği'nde (2017) ise probiyotik gıdaların en az 1×10^6 kob/g canlı probiyotik mikroorganizma içermesi gerektiği açıklanmaktadır. Fermente süt ürünlerinden beklenen en temel özelliklerden biri olan, mikroorganizmaların aktif olma niteliği, bu çalışmada tüm ek kültür kullanılan ürünlerde sağlanmış ve 21 günlük depolama süresince canlılıklarının korunduğu saptanmıştır ($>7,97 \log_{10}$ kob/g). Mihaliç peynirinden izole edilmiş kültürlerin, geleneksel yoğurt starter kültürlerinden *S. thermophilus* ile sinbiyotik bir ilişki gösterdiği, bu bakterilerin *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'a karşı ise antagonistik etki yaratmış olabileceği ancak bu etkiye rağmen mikroorganizma sayılarının terapötik seviyelerin üzerinde korunduğu saptanmıştır.

Laktozun degradasyonu ile protein jelleşmesinin sağlanmasında önemli parametrelerden olan pH düşüşü ve titrasyon asitliğinin yükselmesinin etkin bir şekilde sağlandığı ve depolama süresince de bu değişimin minör düzeylerde devam ettiği belirlenmiştir.

Proteinlerin destabilizasyonu ile kararlı üç boyutlu ağı oluşturulması sonucunda su tutma kapasitesinin tercih edilebilir düzeylerde, sinerezise neden olmadığı ve en iyi etkinin *L. paracasei* içeren FMP örneğinde olduğu saptanmıştır.

ARGE pilot denemeleri sırasında ve tüketici tercihlerinde ilk değerlendirilen özellik olan renk parametrelerinde otokton kültür kullanımı ile değişiklik olmadığı saptanmıştır. Fermente süt örneklerinde önemli olan parlaklık indeksinin (L^*) tüm örneklerde benzer olduğu belirlenmiştir.

Pıhtı kalitesinin sağlanmasında ve mikroorganizmaların inoküle edildiği aşamadan, örneklerin raf ömrü sonuna kadar stabilitesi ile beklenen tekstürel özelliklerin otokton kültür içeren tüm örneklerde olumlu yönde geliştiği belirlenmiştir. Raf ömrü süresince sıklık parametresi açısından öne çıkan örneğin *L. brevis* içeren FMB olduğu, otokton kültürlerin konsistens parametresinde farklılık yaratmadığı, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi özelliklerin de ise kontrol örneğine göre daha gelişmiş jel yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, mikroorganizma farklılıklarının amino asit miktarlarında değişikliklere neden olduğu, belirtilen çalışmalara benzer olarak depolama sonunda amino asit miktarlarında azalma olan örneklerde, mikroorganizmaların canlı/aktif olduğu ve amino asit katabolizması ile gerekli substrat/enerjiyi sağlamış olabilecekleri açıkça tespit edilmiştir. Ayrıca fermente süt örneklerinde tespit edilen glisin, alanin, valin, izolösin, prolin, treonin, metiyonin, lösin, fenilalanin, tirozin, lisin, aspartik asit, triptofan, GABA ve histidin içeriklerindeki farklılıkların amino asit üretimi ve katabolizmasının türe özgü olduğunu kanıtlar nitelikte olduğu belirlenmiştir. Verilen çalışmalarda da bildirildiği üzere fermantasyon sırasında mikroorganizmaların sahip oldukları proteolitik özellikler ve farklı bileşiklerin de substrat olarak kullanılması örneklerin amino asit miktarlarında değişimler oluşturmuştur.

Fermente süt örneklerinde otokton kültürlerin kullanımı, mikroorganizmaların birincil biyo-mekanizmalarından olan organik asitlerin miktarlarında farklılıklara neden olmuştur. Bu çalışma kapsamında, fermente süt örneklerinde organik asit bileşiklerinden, formik, laktik, sitrik, süksinik ve ürik asit miktarları, yüksek konsantrasyona sahip asitler olarak belirlenmiştir. Otokton kültür içeren örneklerde, laktik, pirüvik ve orotik asit miktarlarının kontrol C örneğinin aksine depolama süresince konsantrasyonlarında artış olduğu kaydedilmiştir.

Mikroorganizma metabolizmalarına ve ürün bileşimine göre değişen ve duyuşal parameterleri de etkileyen aroma bileşiklerinde, anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Tüm örneklerde en yüksek konsantrasyonlarda 2 bütanon, propiyonik asit ve bütirik asit aromaları belirlenmiştir. Geleneksel yoğurt kültürlerinin kullanıldığı fermente sütlerde

temel aroma bileşiklerinden olan asetaldehit, en yüksek *L. rhamnosus* içeren FMR örneğinde tespit edilmiştir.

Fermente süt örneklerinin duyusal özelliklerinin değerlendirilmesi ile, örneklerin dış görünüş özelliklerinin Mihaliç peynirinden izole edilen bakterilerin kullanımından etkilenmediği, depolama süresi boyunca fermente süt tadının geliştiği, fermente süt tadı özelliği ile asetaldehit aroması arasında doğrusal bir korelasyon olduğu ve otokton kültür içeren örneklerde bu özelliğin ön plana çıktığı panelistlerin değerlendirmeleri ile saptanmıştır.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün örneklerinin üretiminde, karışık tereyağı kültürüne ek olarak Mihaliç peynirinden izole edilmiş otokton *L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* kullanılmış ve 90 gün boyunca bazı mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. İzole edilen kültürleri içeren örneklerde *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. sayılarının biyoterapötik düzeylerde olduğu ve karışık kültürde yer alan bakteriler ile gelişimlerinin olumsuz etkilenmediği belirlenmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürün üretiminde yağ globüllerinin etkileşiminde önemli parametrelerden biri olan düşük pH ve yüksek asitlik değerlerinin en yüksek *L. paracasei* içeren BP örneğinde olduğu saptanmıştır. Bu özelliklerde meydana gelen değişimlerin mikroorganizma aktiviteleri ve organik asit üretme yetenekleri ile doğrusal bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Süt yağı açısından zengin ürünlerin raf ömrünü etkileyen peroksit değeri ürünlerde saptanamamakla birlikte, serbest yağ asitliği değerinin *L. rhamnosus* içeren örnekte arttığı ve tespit edilen mikroorganizma canlılıkları, pH ve titrasyon asitliği düzeyleri ile anlamlı bir ilişki oluşturduğu saptanmıştır. Bununla birlikte serbest yağ asitliği değeri süt yağında önemli bir değişim ve duyusal etki yaratmamıştır. Kalite parametrelerinden renk özellikleri açısından ise, b^* ve YI^* değerlerinin örnekler arasında farklılığa neden olduğu söylenebilmektedir.

Yağ esaslı ürünlerin sürülebilirlik özellikleri sıklık parametresi ile değerlendirilmiş ve otokton kültür içeren tüm örneklerde bu değerin kısmi oranda azaldığı saptanmıştır. Kontrol BT örneğinden farklılık gösteren sıklık değerlerinin değişen fermantasyon dinamikleri, izole kültür içeren örneklerin mikroorganizma sayılarının yüksek olması ve yağ asitleri kompozisyonlarında meydana gelen değişiklikler nedeni ile gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yağ içinde su emülsiyon örneklerinde yağ asitlerinin toplam bileşimi (Σ YA) açısından, kontrol BT örneğine en yakın örneğin *L. rhamnosus* içeren BR örneği olduğu saptanmıştır. Ancak yine de kompozisyon açısından depolama sonunda, LCFA, VLCFA, MUFA, PUFA ve YA değerlerinin minör düzeyde azaldığı, MCFA ve SFA değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. SCFA değerlerinde anlamlı bir değişim belirlenmemiştir. En yüksek değerlere sahip yağ asitlerinin, miristik, palmitik, stearik ve oleik asit olduğu tespit edilmiştir. SCFA, MCFA, VLCFA, SFA ve PUFA miktarlarına ait en yüksek değerler ise *L. paracasei* içeren BP örneğinde saptanmıştır.

Organik asitlerin tespit edilmesi ile, formik, laktik, oksalik ve ürik asit en yüksek konsantrasyonlara sahip asitler olarak belirlenmiştir. İzole bakterilerin sitrat ve türevlerini dönüştürme biyomekanizmalarına bağlı olarak, major asitlerden süksinik asit ise daha yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir.

Süt yağı esaslı sürülebilir ürünlerin genel aroma kompozisyonu incelendiğinde, 2-bütanon, propiyonik ve bütirik asit miktarları yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. Tüm örneklerde depolama süresi boyunca propiyonik, bütirik asit, aseton ve aseton konsantrasyonlarının arttığı saptanmıştır. Sadece BB ve BP örneklerinde ise asetaldehit miktarı artarken, fermente süt yağının anahtar aroma bileşiği olan diasetil miktarının ise BT, BP ve BR örneklerinde arttığı belirlenmiştir.

Tespit edilen deneysel sonuçların ve tekstürel niteliklerin kombinasyonunu yansıtan kalite karakteristiklerinden, duyuşal özellikler, somatosensoriyel (mekanik), duyuşal, işitsel reseptörler ve fotoreseptörler tarafından algılanan mekanik, geometrik ve yüzey parametreleri ile kapsamlı olarak tanımlanmaktadır. Tüm örnekler panelistler tarafından

genel anlamda beğenilmiştir. Enstrümental analizler ile de saptanan aroma bileşiklerindeki değişiklikler duyuşal özelliklerde de tespit edilmiştir.

Özetle, çalışmanın hipotezine uygun olarak, LAB tür ve suşları arasındaki metabolik mekanizmaların değişiklik göstermesi, fermente süt ve sürülebilir süt yağı esaslı kremlerde belirlenen tüm deneysel özellikler ile ortaya konmuştur. Mikrobiyal çeşitlilik ve popölasyon dinamiklerindeki küçük değişikliklerin amino asit, yağ asitleri, organik asit ve uçucu/uçucu olmayan bileşiklerinin oluşumunu etkileyebileceği ve dolayısı ile bu farklılıkların duyuşal ve tekstürel özelliklere de aktarıldığı saptanmıştır. Bu çalışma ile geleneksel peynirlerin mikrobiyota zenginliğinden yararlanılarak çeşitli fonksiyonel süt ürünlerin oluşturulabileceği belirlenmiştir. Otokton bakterilerin çeşitliliği farklı bileşim ve emölşiyon özellikleri gösteren ürünlerde başarılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışması ile elde edilen veriler doğrultusunda, otokton bakterilerin sahip olduğu biyomekanizmalar ile simbiyotik sistemlerde ürünlerin beslenme, reolojik ve organoleptik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılabilmektedir. Ayrıca bu çalışmanın gıda endüstrisi için, yeni kombine ve alternatif kültürlerin geliştirilmesine yardımcı olacağı ve yeni beslenme modellerinin geliştirilmesinde de rasyonel bir yol sağlayacağı düşünülmektedir.

Gıdaların karmaşık emölşiyonlara sahip olması ve LAB'nin gelişme kinetikleri, gıda komponentleri (protein-yağ-karbonhidrat) ve enzim interaksiyonlarının tespitini zorlaştırmaktadır. LAB'nin özellikle fermentasyon yetenekleri ve aroma ile ilgili metabolizmalarının belirlenmesi proses kontrolünde farklı üretim stratejilerini oluşturma potansiyeline sahiptir. Genomik, pleiotropik, proteomik, ve metabolomik yaklaşımlar ile çeşitli biyoaktif mikrobiyal metabolik yolların tanımlanması, istenilen duyuşal ve tekstürel özelliklerin ürüne kazandırılmasında katkı sağlayacaktır. Ayrıca, izole edilen *L. brevis*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus* suşlarının probiyotik özelliklerinin (adhezyon, asit ve safra tuzlarına dayanıklılık, antibiyotik dirençliliği vb.) daha ayrıntılı olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Son yıllarda, artisanal olarak üretilen peynirlerin taksonomik çeşitliliğinin ve LAB'nin fenotipik ve genotipik özelliklerinin belirlenmesi öncelikli çalışmalar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, geleneksel ürünlerden izole edilen mikroorganizmaların fermentasyon, proteolitik ve lipolitik özellikleri ile, şuan endüstride kullanılan ticari starter kültürleri destekleyecek ve/veya bu starter kültürlerin yerini alabilecek potansiyel etkileri de *in vitro* sistem ve gıda modellerinde araştırılmalıdır.

Sonuç olarak peynirlerin özellikle olgunlaşma döneminde aktif rol oynayan, tüketici tercihini belirleyen ve yeterli/dengeli aroma oluşumunu sağlayan ancak starter olmayan doğal laktik floranın, raf ömrü daha kısa olan süt ürünlerindeki metabolomik etkileri sonucunda, artan fonksiyonel ve duyuşsal özelliklere sahip sürdürülebilir ve inovatif ürünlerin geliştirilebileceği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Fattah, A. M., Sakr, S. S., El-Dieb, S. M., & Elkashef, H. A. S. (2016). Bioactive peptides with ACE-I and antioxidant activity produced from milk proteolysis. *International Journal of Food Properties*, 20(12), 3033-3042. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1270963>
- Abdel-Hamid, M., Romeih, E., Gamba, R. R., Nagai, E., Suzuki, T., Koyanagi, T., & Enomoto, T. (2019). The biological activity of fermented milk produced by *Lactobacillus casei* ATCC 393 during cold storage. *International Dairy Journal*, 91, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.12.007>
- Abeyrathne, E. D. N. S., Nam, K., & Ahn, D. U. (2021). Analytical methods for lipid oxidation and antioxidant capacity in food systems. *Antioxidants*, 10(10), 1587. <https://doi.org/10.3390/antiox10101587>
- Achanta, K., Aryana, K. J., & Boeneke, C. A. (2007). Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT-Food Science and Technology*, 40(3), 424-429. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.01.001>
- Aday, S., & Karagul-Yuceer, Y. (2014). Physicochemical and sensory properties of Mihalic cheese. *International Journal of Food Properties*, 17(10), 2207-2227. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.790904>
- Afshari, R., Pillidge, C. J., Read, E., Rochfort, S., Dias, D. A., Osborn, A. M., & Gill, H. (2020). New insights into cheddar cheese microbiota-metabolome relationships revealed by integrative analysis of multi-omics data. *Scientific Reports*, 10(1), 3164. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59617-9>
- Ahmed, I. A. M., Alqah, H. A. S., Saleh, A., Al-Juhaimi, F. Y., Babiker, E. E., Ghafoor, K., Hassan, A. B., Osman, M. A., & Fickak, A. (2021). Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leaf extract. *LWT-Food Science and Technology*, 137, 110389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110389>
- Akalın, A. S., Unal, G., Dinkci, N., & Hayaloglu, A. A. (2012). Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3617-3628. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5297>
- Akeem, S. A., Yerumoh, O., Leigh, O., Bamgbala, K., Okeke, G., Sokunbi, F., & Olayiwola, I. (2018). Physicochemical properties, colour characteristics, and sensory evaluation of full-cream cow-coconut milk yoghurts. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 10(2), 226-233. <https://doi.org/10.17508/cjfst.2018.10.2.13>
- Akgul, H. I., Sengul, M., Urkek, B., & Kotan, T. E. (2021). Determination of physicochemical and microbiological properties and fatty acid composition of butter produced in Trabzon, Turkey. *Acta Scientiarum Technology*, 43, 48905. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v43i1.48905>
- Akgül, H. İ. (2020). *Tereyağlarından ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve tereyağı üretiminde starter kültür olarak kullanılabilirliğinin araştırılması*. [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Akoğlu, A., Yaman, H., Coşkun, H., & Sarı, K., (2017). Mengen peynirinden laktik asit bakterilerinin İzolasyonu, moleküler tanımlanması ve bazı starter kültür özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 453-459. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.11073>

- Aksöz, D., & Özcan, T. (2023). Alternative process technologies in reducing stress factors of probiotic bacteria. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(5), 905-919. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i5.905-919.5830>
- Aktas, A. H., Sen, S., Yilmazer, M., & Cubuk, E. (2005). Determination of carboxylic acids in apple juice by RP HPLC. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 24(1), 1-6. <https://doi.org/10.30492/ijcce.2005.7787>
- Alamprese, C., Foschino, R., Rossi, M., Pompei, C., & 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>
- Alegria, A., Szczesny, P., Mayo, B., Bardowski, J., & Kowalczyk, M. (2012). Biodiversity in Oscypek, a traditional Polish cheese, determined by culture-dependent and-independent approaches. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(6), 1890-1898. <https://doi.org/10.1128/aem.06081-11>
- Amatayakul, T., Halmos, A., Sherkat, F., & Shah, N. P. (2006). Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 16(1), 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.01.004>
- Amjad, A., Javed, M. S., Hameed, A., Khan, A. A., Amjad, M. R., Ali, S. A., Asadullah, M., & Raza, A. (2021). Improving the probiotics viability and quality characteristics of yoghurt enriched with barley bran. *Uluslararası Tarım Araştırmalarında Yenilikçi Yaklaşımlar Dergisi*, 5(4), 362-380. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2021.415.3>
- Angelline, S., Emmanuel, C., Joshy, A. M., & Sreelekshmi, K. R. (2018). Standardisation and fermentation of milk cream with *Lactobacillus plantarum* and *Streptococcus thermophilus* for minimal moisture content and free fatty acids. *International Journal of Biology Research*, 3(4), 16-25.
- Anna, M., Bibat, D., Jasmin, M., & Eun, J. (2022). Impact of replacing pork backfat with rapeseed oleosomes - natural pre-emulsified oil - on technological properties of meat model systems. *Meat Science*, 186, 108732. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108732>
- Anonim, (2005). Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği. (Tebliğ No: 2005/19).
- Anonim, (2007). Codex Alimentarius. *Standard for fat spreads and blended spreads*. (Codex stan 256). Rome, Italy, WHO and FAO.
- Anonim, (2011). Codex Alimentarius. *Milk and milk products* (2nd ed.). Rome, Italy, WHO and FAO.
- Anonim, (2013). European Union. Council decision of 25 November 2013. Amending Commission Decision Decision 2009/861/EC.
- Anonim, (2020a). Türkpatent, Manyas Kelle Peynirinin Cİ Tescil Belgesi (Tescil No:628), <https://www.ci.gov.tr/>
- Anonim, (2021). Ulusal Süt Konseyi Raporu. <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/ulusal-sut-konseyi-sut-raporu-2020-3639>
- Anonim, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu, Fermente Süt Ürünleri Üretim Miktarları.
- Anonim, (2022). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. (Tebliğ No: 2022/44).
- AOAC, (2012). Association of Official Analytical of Chemists - *Official methods of analysis*. (19th ed.).

- AOAC, (2016). Association of Official Analytical Chemists - *Official methods of analysis*. (20th ed.).
- Araújo, J. P. A., Camargo, A. C., Carvalho, A. F., & Nero, L. A. (2020). A critical-historical analysis of the continuous development of Brazilian legislation related to artisanal cheeses. *Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science*, 72(5), 1845-1860. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11766>
- Ares, G., Paroli, C., & Harte, F. (2006). Measurement of firmness of stirred yogurt in routine quality control. *Journal of Food Quality*, 29(6), 628-642. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00101.x>
- Ashraf, R., & Smith, S. C. (2015). Selective enumeration of dairy based strains of probiotic and lactic acid bacteria. *International Food Research Journal*, 22(6), 2576-2586.
- Asteri, I., Robertson, N., Kagkli, D. M., Andrewes, P., Nychas, G. E., Coolbear, T., Holland, R., Crow, V. L., & Tsakalidou, E. (2009). Technological and flavour potential of cultures isolated from traditional Greek cheeses - A pool of novel species and starters. *International Dairy Journal*, 19(10), 595-604. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.04.006>
- Atamer, M. (1993). *Tereyağı teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Atamer, M., & Sezgin, E. (1984). Tereyağlarında lipolitik ve oksidatif bozulmaların saptanmasında yararlanılan asit ve peroksit değerleri ile aroma arasındaki ilişki. *Gıda*, 9(6).
- Aunsbjerg, S. D., Honoré, A. H., Marcussen, J., Ebrahimi, P., Vogensen, F. K., Benfeldt, C., Skov, T., & Knøchel, S. (2015). Contribution of volatiles to the antifungal effect of *Lactobacillus paracasei* in defined medium and yogurt. *International Journal of Food Microbiology*, 194, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.007>
- Avci, H., & Ozcan, T. (2020). The characterisation of dairy industry waste buttermilk from different butter processing procedures. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(7), 5472-5478.
- Axelsson, L. (1998). *Lactic acid bacteria: Microbiology and functional aspects*. Salminen S. & von Wright A (Eds.) (2nd ed). Marcel Dekker, New York.
- Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., Silva, R. C., & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic acid bacteria: Food safety and human health applications. *Dairy*, 1(3), 202-232. <https://doi.org/10.3390/dairy1030015>
- Ayivi, R. D., & Ibrahim, S. A. (2022). Lactic acid bacteria: An essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 7008-7025. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>
- Bakirci, I., Celik, S., & Ozdemir, C. (2002). The effects of commercial starter culture and storage temperature on the oxidative stability and diacetyl production in butter. *International Journal of Dairy Technology*, 55(4), 177-181. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00056.x>
- Bancalari, E., Savo Sardaro, M. L., Levante, A., Marseglia, A., Caligiani, A., Lazzi, C., Neviani, E., & Gatti, M. (2017). An integrated strategy to discover *Lactobacillus casei* group strains for their potential use as aromatic starters. *Food Research International*, 100, 682-690. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.066>
- Barat, A., & Ozcan, T. (2017). Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 120-129. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12391>

- Barbe, F., Le Feunteun, S., Rémond, D., Ménard, O., Jardin, J., Henry, G., et al. (2014). Tracking the *in vivo* release of bioactive peptides in the gut during digestion: Mass spectrometry peptidomic characterization of effluents collected in the gut of dairy matrices fed mini-pigs. *Food Research International*, 63(B), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.015>
- Barrangou, R., Lahtinen, S. J., Ibrahim, F., & Ouwehand, A. C. (2012). *Genus lactobacillus. Lactic acid bacteria*. (p. 7), Boca Raton, USA.
- Barron, L. J. R., Aldai, N., Virto, M., & de Renobales, M. (2018). Cheeses with protected land-and tradition-related labels: Traceability and authentication. *Global cheesemaking technology: Cheese quality and characteristics*. P. Papademas, & T. Bintsis (eds.), (p. 100-119), Hoboken.
- Baruzzi, F., Quintieri, L., Caputo, L., Cocconcetti, P., Borcakli, M., Owczarek, L., Jasińska, U. T., Skąpska, S., & Morea, M. (2016). Improvement of Ayran quality by the selection of autochthonous microbial cultures. *Food Microbiology*, 60, 92-103. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.07.001>
- Barzideh, Z., Siddiqi, M., Mohamed, H. M., & LaPointe, G. (2022). Dynamics of starter and non-starter lactic acid bacteria populations in long-ripened cheddar cheese using propidium monoazide (PMA) Treatment. *Microorganisms*, 10(8), 1669. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081669>
- Bazukyan, I., Matevosyan, L., Toplaghalttsyan, A., & Trchounian, A. (2018). Antifungal activity of *lactobacilli* isolated from Armenian dairy products: an effective strain and its probable nature. *AMB Express*, 8(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0619y>
- Beauprez, J. J., De Mey, M., & Soetaert, W. K. (2010). Microbial succinic acid production: Natural versus metabolic engineered producers. *Process Biochemistry*, 45(7), 1103-1114. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.03.035>
- Belkheir, K., Centeno, J. A., Zadi-Karam, H., Karam, N. E., & Carballo, J. (2016). Potential technological interest of indigenous lactic acid bacteria from Algerian camel milk. *Italian Journal of Food Science*, 28(4), 598. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v391>
- Bellinazo, P. L., Vitola, H. R. S., Cruxen, C. E. D. S., Braun, C. L. K., Hackbart, H. C. D. S., da Silva, W. P., & Fiorentini, Â. M. (2019). Probiotic butter: Viability of *Lactobacillus casei* strains and bixin antioxidant effect (*Bixa orellana* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(9), 14088. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14088>
- Benjamins, J., Vingerhoeds, M. H., Zoet, F. D., De Hoog, E. H., & Van Aken, G. A. (2009). Partial coalescence as a tool to control sensory perception of emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.017>
- Beresford, T., & Cogan, T. (1997). Improving Cheddar cheese flavour. *Proceedings of the 5th Cheese Symposium, Cork: Teagasc/University College Cork*.
- Bergamini, C., Hynes, E., Palma, S., Sabbag, N., & Zalazar, C. (2009). Proteolytic activity of three probiotic strains in semi-hard cheese as single and mixed cultures: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei* and *Bifidobacterium lactis*. *International Dairy Journal*, 19(8), 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.02.008>
- Bezerra, T. K. A., Arcanjo, N. M. D. O., Araújo, A. R. R. D., Queiroz, A. L. M. D., Oliveira, M. E. G. D., Gomes, A. M. P., & Madruga, M. S. (2017). Volatile profile

- in goat Coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.041>
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2015). Bioactive peptides of animal origin: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5377-5392. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1731-5>
- Biglarian, N., Atashzar, A., Rafe, A., & Shahidi, S. A. (2022). Effect of rice bran protein and modified basil seed gum on physicochemical properties and stability of confectionery cream. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 18(121), 13-24. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.121.2>
- Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4), 665-684. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>
- Blaya, J., Barzideh, Z., & LaPointe, G. (2018). Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3611-3629. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13345>
- Bluma, A., Ciprovica, I., & Sabovics, M. (2017). The influence of non-starter lactic acid bacteria on swiss-type cheese quality. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food*, 5, 34-41.
- Bobe, G., Hammond, E. G., Freeman, A. E., Lindberg, G. L., & Beitz, D. C. (2003). Texture of butter from cows with different milk fatty acid compositions. *Journal of Dairy Science*, 86(10), 3122-3127. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73913-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73913-7)
- Borgonovi, T. F., Casarotti, S. N., & Penna, A. L. B. (2021). *Lactocaseibacillus casei* SJRP38 and buriti pulp increased bioactive compounds and probiotic potential of fermented milk. *LWT-Food Science and Technology*, 143, 111124. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111124>
- Bourdichon, F., Berger, B., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J. C., Gerds, M. L., Hammes, W. P., Harnett, J., Huys, G., Laulunda, S., Ouwehand, A., Powell, I. B., Prajapati, J. B., Seto, Y., Ter Schure, E., Van Boven, A., Vankerckhoven, V., Zgoda, A., & Bech Hansen, E. (2012). A safety assessment of microbial food cultures with history of use in fermented dairy products. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 455, 2-12.
- Bourrie, B. C., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016). The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Frontiers in Microbiology*, 4(7), 647. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647>
- Boussekine, R., Bekhouche, F., Debaets, S., Thierry, A., Maillard, M. B., Falentin, H., Pawtowski, A., Barkat, M., Coton, M., & Mounier, J. (2022). Deciphering the microbiota and volatile profiles of algerian smen, a traditional fermented butter. *Microorganisms*, 10(4), 736. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040736>
- Brisson, G., Payken, H. F., Sharpe, J. P., & Jiménez-Flores, R. (2010). Characterization of *Lactobacillus reuteri* interaction with milk fat globule membrane components in dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5612-5619. <https://doi.org/10.1021/jf904381s>
- Broadbent, J., & Steele, J. L. (2005). Lactic acid bacteria genomics and cheese flavor. *ASM News*, 71(3), 121-128.
- Bulut, B. (2006). *Çiğ ve pastörize süttten işlenen mihaliç peynirlerinin kimyasal bileşimi ve olgunlaşma sırasındaki mikrobiyal florasındaki değişimin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi]. Konya.

- Burgain, J., Scher, J., Francius, G., Borges, F., Corgneau, M., Revol-Junelles, A., Cailliez-Grimal, C., & Gaiani, C. (2014). Lactic acid bacteria in dairy food: Surface characterization and interactions with food matrix components. *Advances in Colloid and Interface Science*, 213, 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2014.09.005>
- Burgos-Rubio, C. N., Okos, M. R., & Wankat, P. C. (2000). Kinetic study of the conversion of different substrates to lactic acid using *Lactobacillus bulgaricus*. *Biotechnology Progress*, 16(3), 305-314. <https://doi.org/10.1021/bp000022p>
- Buyukbese, D., Rousseau, D., & Kaya, A. (2018). Composition and shear crystallization of milk fat fractions extracted with supercritical carbon dioxide. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 3015-3026. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1396476>
- Cabral, M. L. B., de Lima, M. D. S. F., de Araújo Fernandes, G. A., da Costa, E. F., Porto, A. L. F., & Cavalcanti, M. T. H. (2016). Artisan cheese: A potential source of wild lactic acid bacteria to obtain new starter cultures. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 3(4), 207-215. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v3i4.111>
- Calasso, M., & Gobetti, M. (2011). *Lactic acid bacteria Lactobacillus spp.: Other species*. J W Fuquay (ed.), *Encyclopedia of dairy sciences*, (2nd, p.125-31), San Diego.
- Campagnollo, M. L. P., Kamimura, B. A., Feliciano, M. D., Freire, L., Lopes, L. S., Alvarenga, V. O., Cadavez, V. A. P., Gonzales-Barron, U., Schaffner, D. W., & Sant'Ana, A. S. (2018). Selection of indigenous lactic acid bacteria presenting anti-listerial activity, and their role in reducing the maturation period and assuring the safety of traditional Brazilian cheeses. *Food Microbiology*, 73, 288-297. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.02.006>
- Canbulat, Z., & Ozcan, T. (2015). Effects of short-chain and long-chain inulin on the quality of probiotic yogurt containing *Lactobacillus rhamnosus*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1251-1260. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12343>
- Cardin, M., Cardazzo, B., Mounier, J., Novelli, E., Coton, M., & Coton, E. (2022). Authenticity and typicity of traditional cheeses: A review on geographical origin authentication methods. *Foods*, 11(21), 3379. <https://doi.org/10.3390/foods11213379>
- Casarotti, S. N., Monteiro, D. A., Moretti, M. M., & Penna, A. L. B. (2014). Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. *Food Research International*, 59, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.068>
- Ceylan, O., & Ozcan, T. (2020). Effect of the cream cooling temperature and acidification method on the crystallization and textural properties of butter. *LWT-Food Science and Technology*, 132, 109806. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109806>
- Chand, P., Kumar, M. D., Singh, A. K., Deshwal, G. K., Rao, P. S., Tomar, S. K., & Sharma, H. (2021). Low-calorie synbiotic yoghurt from indigenous probiotic culture and combination of inulin and oligofructose: Improved sensory, rheological, and textural attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), 15322. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15322>
- Chang, O. K., Roux, É., Awussi, A. A., Miclo, L., Jardin, J., Jameh, N., Dary, A., Humbert, G., & Perrin, C. (2014). Use of a free form of the *Streptococcus thermophilus* cell

- envelope protease PrtS as a tool to produce bioactive peptides. *International Dairy Journal*, 38(2), 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.008>
- Chauhan, S., & Deshmukh, R. (2022). Cheese market size, share & growth. In Global forecast - 2030. <https://www.alliedmarketresearch.com/cheese-market>.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., & Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(1), 316-330. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295988>
- Chen, L., Alcazar, J., Yang, T., Lu, Z., & Lu, Y. (2018). Optimized cultural conditions of functional yogurt for γ -aminobutyric acid augmentation using response surface methodology. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10685-10693. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15391>
- Chen, M., Li, Y., Sun, Q., Pan, A., Manson, J. E., Rexrode, K. M., Willett, W. C., Rimm, E. B., & Hu, F. B. (2016). Dairy fat and risk of cardiovascular disease in 3 cohorts of US adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 104(5), 1209-1217. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.134460>
- Chen, Q., Liu, Q., Sun, Q., Kong, B., & Xiong, Y. (2015). Flavour formation from hydrolysis of pork sarcoplasmic protein extract by a unique LAB culture isolated from Harbin dry sausage. *Meat Science*, 100, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.001>
- Chen, M., Ye, X., Shen, D., & Ma, C. (2019). Modulatory effects of gut microbiota on constipation: The commercial beverage yakult shapes stool consistency. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 25(3), 475-477. <https://doi.org/10.5056/jnm19048>
- Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: A review. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 50(10), 938-950. <https://doi.org/10.1080/10408390903044081>
- Cheng, J., Xie, S., Yin, Y., Feng, X., Wang, S., Guo, M., & Ni, C. (2017). Physiochemical, texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein-sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(9), 2819-2825. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8110>
- Choi, Y. J., Miguez, C. B., & Lee, B. H. (2004). Characterization and heterologous gene expression of a novel esterase from *Lactobacillus casei* CL96. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(6), 3213-3221. <https://doi.org/10.1128/Aem.70.6.3213-3221.2004>
- Chojnicka-Paszun, A., De Jongh, H. H. J., & De Kruif, C. G. (2012). Sensory perception and lubrication properties of milk: Influence of fat content. *International Dairy Journal*, 26(1), 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.04.003>
- Christensen, J. E., Dudley, E. G., Pederson, J. A., & Steele, J. L. (1999). Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 76(1-4), 217-246.
- Chudy, S. M., Cais-Sokolińska, D., & Tomaszewska-Gras, J. (2022). Physicochemical characteristics and consumers' preferences for milk fat products. *Applied Sciences*, 12(23), 11986. <https://doi.org/10.3390/app122311986>
- Chung, C., & McClements, D. J. (2014). Structure-function relationships in food emulsions: Improving food quality and sensory perception. *Food Structure*, 1(2), 106-126. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2013.11.002>

- Chung, C., Olson, K., Degner, B., & McClements, D. J. (2013d). Textural properties of model food sauces: Correlation between simulated mastication and sensory evaluation methods. *Food Research International*, 51(1), 310-320. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.005>
- Cichońska, P., Kowalska, E., & Ziarno, M. (2023). The survival of psychobiotics in fermented food and the gastrointestinal tract: A review. *Microorganisms*, 11(4), 996. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040996>
- Cichosz, G., Aljewicz, M., & Nalepa, B. (2014). Viability of the *Lactobacillus rhamnosus* HN001 probiotic strain in Swiss- and Dutch-type cheese and cheese-like products. *Journal of Food Science*, 79(6), 1181-1188. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12458>
- Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. G. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(15), 2276. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841-866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)
- Comasio, A., Harth, H., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2019). The addition of citrate stimulates the production of acetoin and diacetyl by a citrate-positive *Lactobacillus crustorum* strain during wheat sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 289, 88-105. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.030>
- Corsetti, A., Settanni, L., Valmorri, S., Mastrangelo, M., & Suzzi, G. (2007). Identification of subdominant sourdough lactic acid bacteria and their evolution during laboratory-scale fermentations. *Food Microbiology*, 24(6), 592-600. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2007.01.002>
- Couvreux, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby & Peyraud, J. L. (2006). The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *Journal of Dairy Science*, 89, 1956-1969. [https://doi.org/10.3168/jds.S00220302\(06\)72263-9](https://doi.org/10.3168/jds.S00220302(06)72263-9)
- Cretenet, M., Laroute, V., Ulvé, V., Jeanson, S., Nouaille, S., Even, S., Piot, M., Girbal, L., Le Loir, Y., Loubière, P., Lortal, S., & Cacaïgn-Bousquet, M. (2011). Dynamic analysis of the *Lactococcus lactis* transcriptome in cheeses made from milk concentrated by ultrafiltration reveals multiple strategies of adaptation to stresses. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(1), 247-257. <https://doi.org/10.1128/AEM.01174-10>
- Cruz, A. G., Cadena, R. S., Walter, E. H. M., Mortazavian, A. M., Granato, D., Faria, J. A. F. & Bolini, H. M. A. (2010). Sensory analysis: Relevance for prebiotic, probiotic, and synbiotic product development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 358-373. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x>
- Cui, Y., & Qu, X. (2021). Genetic mechanisms of prebiotic carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria: Emphasis on *Lactocaseibacillus casei* and *Lactocaseibacillus paracasei* as flexible, diverse and outstanding prebiotic carbohydrate starters. *Trends in Food Science and Technology*, 115, 486-499. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.058>

- Curtin, A. C., & McSweeney, P. L. H. (2004). *Catabolism of amino acids in cheese during ripening*. Fox P F, McSweeney P L H, & Cogan T M. (eds.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, (4. Eds, p. 435-454), London.
- Çakmakçı, S., & Salık, M. A. (2021). Türkiye'nin coğrafi işaretli peynirleri. *Akademik Gıda*, 19(3), 325-342.
- Dağdemir, E. (2006). *Salamura beyaz peynirlerden izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanması ve seçilen bazı izolatların kültür olarak kullanılabilme imkânları*. [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi]. Erzurum.
- Dalgleish, D. G. (2006). Food emulsions-their structures and structure-forming properties. *Food Hydrocolloids*, 20(4), 415-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.10.009>
- Dan, T., Hu, H., Tian, J., He, B., Tai, J., & He, Y. (2023). Influence of different ratios of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on fermentation characteristics of yogurt. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(5), 2123. <https://doi.org/10.3390/molecules28052123>
- Dan, T., Wang, D., Jin, R. L., Zhang, H. P., Zhou, T. T., & Sun, T. S. (2017). Characterization of volatile compounds in fermented milk using solid-phase microextraction methods coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2488-2500. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11528>
- Danthine, S., Lefébure, E., Trinh, H. N., & Blecker, C. (2014). Effect of palm oil enzymatic interesterification on physicochemical and structural properties of mixed fat blends. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 91(9), 1477-1487. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2494-2>
- Dave, R. I., Ramaswamy, N., & Baer, R. (2002). Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and probiotic bacteria in milk procured from cows fed different diets. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57, 197-202.
- de Bok, F. A., Janssen, P. W., Bayjanov, J. R., Sieuwerts, S., Lommen, A., van Hylckama Vlieg, J. E., & Molenaar, D. (2011). Volatile compound fingerprinting of mixed-culture fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(17), 6233-6239. <https://doi.org/10.1128/AEM.00352-11>
- DeBruyne, L., Whitney, E., & Pinna, K. (2007). *Nutrition and diet therapy* (7th ed.). California, Wadsworth Thomson Learning.
- de la Fuente, B., Luz, C., Puchol, C., Meca, G., & Barba, F. J. (2021). Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus brevis* POM, and *Lactobacillus plantarum* (TR-7, TR-71, TR-14) on antioxidant compounds and organic acids of an orange juice-milk based beverage. *Food Chemistry*, 343, 128414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128414>
- De Pasquale, I., Calasso, M., Mancini, L., Ercolini, D., La Stora, A., De Angelis, M., Dicagno, R., & Gobbetti, M. (2014). Causal relationship between microbial ecology dynamics and proteolysis during manufacture and ripening of protected designation of origin (PDO) cheese Canestrato Pugliese. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(14), 4085-4094. <https://doi.org/10.1128/AEM.00757-14>
- de Souza Oliveira, R. P., Perego, P., de Oliveira, M. N., & Converti, A. (2012). Effect of inulin on the growth and metabolism of a probiotic strain of *Lactobacillus rhamnosus* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. *LWT- Food Science and Technology*, 47(2), 358-363. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.031>

- Deeth, H. C., & Fitz-Gerald, C. H. (2006). *Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity. Advanced dairy chemistry volume 2 lipids* (p. 481-556), Boston.
- Dehghan, M., Mente, A., Rangarajan, S., Sheridan, P., Mohan, V., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S., Wentzel-Viljoen, E., Avezum, A., Lopez-Jaramillo, P., Mony, P., Varma, R. P., Kumar, R., Chifamba, J., Alhabib, K. F., Mohammadifard, N., Oguz, A., Lanas, F., Rozanska, D., Bostrom, K. B., Yusoff, K., Tsolkile, L. P., Dans, A., Yusufali, A., Orlandini, A., Poirier, P., Khatib, R., Hu, B., Wei, L., Yin, L., Deeraili, A., Yeates, K., Yusuf, R., Ismail, N., Mozaffarian, D., Teo, K., Anand, S. S., Yusuf, S. Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study investigators (2018). Association of dairy intake with cardiovascular disease and mortality in 21 countries from five continents (PURE): A prospective cohort study. *Lancet (London, England)*, 392(10161), 2288-2297. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31812-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31812-9)
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J., & Ramírez, R. (2010). Characterisation by SPME-GC- MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese PDO Torta del Casar during ripening. *Food Chemistry*, 118(1), 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.081>
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Ladero, L., Cava, R., & Ramírez, R. (2009). Free fatty acids and oxidative changes of a Spanish soft cheese (PDO 'Torta del Casar') during ripening. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1721-1728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01987.x>
- Demirkol, A., Guneser, O., & Yuceer, Y. K. (2016). Volatile compounds, chemical and sensory properties of butters sold in Canakkale. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(1), 99-108. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001372
- Deshpande, D. D., & Thompkinson, D. K. (2000). Table spreads - a review. *Indian Journal of Dairy Science*, 53, 154-168.
- Dewettinck, K., Rombaut, R., Thienpont, N., Le, T. T., Messens, K., & Van Camp, J. (2008). Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal*, 18, 436-457. <http://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.10.014>
- Díaz-Muñiz, I., & Steele, J. L. (2006). Conditions required for citrate utilization during growth of *Lactobacillus casei* ATCC334 in chemically defined medium and Cheddar Cheese extract. *Antonie van Leeuwenhoek*, 90, 233-243. <https://doi.org/10.1007/s10482-006-9078-6>
- Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17(1), 25-39. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00120-5)
- Dickinson, E. (2011). Double emulsions stabilized by food biopolymers. *Food Biophysics*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11483-010-9188-6>
- Dimitrellou, D., Kandyli, P., & Kourkoutas, Y. (2019). Assessment of freeze-dried immobilized *Lactobacillus casei* as probiotic adjunct culture in yogurts. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(9), 374. <https://doi.org/10.3390/foods8090374>
- Dimitrellou, D., Kandyli, P., Sidira, M., Koutinas, A. A., & Kourkoutas, Y. (2014). Free and immobilized *Lactobacillus casei* ATCC 393 on whey protein as starter cultures for probiotic Feta-type cheese production. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4675-4685. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7597>

- Divya, J. B., Varsha, K. K., Nampoothiri, K. M., Ismail, B., & Pandey, A. (2012). Probiotic fermented foods for health benefits. *Engineering in Life Sciences*, 12(4), 337-390. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100179>
- Donkor, O. N., Nilmini, S. L. I., Stolic, P., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*, 17, 657-665. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.08.006>
- dos Santos, C. S., Kanup, R. F., Albuquerque, M. A. C., Bedani, R., de Souza, C. H. B., Gioielli, L. A., Saad, S. M. I., & Ract, J. N. R. (2020). Effect of enzymatic interesterification on the textural and nutritional properties of a probiotic table spread containing milk fat. *LWT-Food Science and Technology*, 124(4), 109129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109129>
- Dos Santos, K. M., de Oliveira, I. C., Lopes, M. A., Cruz, A. P., Buriti, F. C., & Cabral, L. M. (2017). Addition of grape pomace extract to probiotic fermented goat milk: The effect on phenolic content, probiotic viability and sensory acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1108-1115. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7836>
- Du, R., Yu, L., Yu, N., Ping, W., Song, G., & Ge, J. (2022). Characterization of exopolysaccharide produced by *Levilactobacillus brevis* HDE-9 and evaluation of its potential use in dairy products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 217, 303-311. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.057>
- Dudley, E. G., & Steele, J. L. (2005). Succinate production and citrate catabolism by Cheddar cheese nonstarter *lactobacilli*. *Journal of Applied Microbiology*, 98(1), 14-23. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02440.x>
- Duhan, N., Sahu, J. K., & Naik, S. N. (2018). Temperature dependent steady and dynamic oscillatory shear rheological characteristics of Indian cow milk (*Desi*) ghee. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4059-4066. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3332-6>
- Drake, M. A., Watson, M. E., & Liu, Y. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 427-448. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Ehsani, A., Hashemi, M., Afshari, A., & Aminzare, M. (2018). Probiotic white cheese production using coculture with *Lactobacillus* species isolated from traditional cheeses. *Veterinary World*, 11(5), 726-730. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.726-730>
- Ekinci, F. Y., Okur, O. D., Ertekin, B., & Guzel-Seydim, Z. (2008). Effects of probiotic bacteria and oils on fatty acid profiles of cultured cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(3), 216-224. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700038>
- Elçioğlu, Ö. (2010). *Kargı tulum peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin starter ve probiyotik kültür özelliklerinin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi]. Eskişehir.
- El-Fattah, A. A., Sakr, S., El-Dieb, S., & Elkashef, H. (2016). Angiotensin-converting enzyme inhibition and antioxidant activity of commercial dairy starter cultures. *Food Science and Biotechnology*, 25(6), 1745-1751. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0266-5>
- Enab, A. K., Hassan, F. A., & Abd, M. A. M. G. E. (2012). Effect of manufacture steps on cheese structure. *International Journal of Academic Research*, 4(6), 79-89. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2012/4-6/A.11>

- Endo, A., & Dicks, L. M. T. (2014). *Physiology of the LAB: Lactic acid bacteria* (p. 13-30). <https://doi.org/10.1002/9781118655252.ch2>
- Endo, Y., Kamisada, S., Fujimoto, K., & Saito, T. (2006). Trans fatty acids promote the growth of some *Lactobacillus* strains. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 52(1), 29-35. <https://doi.org/10.2323/jgam.52.29>
- Erhardt, M. M., Oliveira, W. d. C., Fröder, H., Marques, P. H., Oliveira, M. B. P. P., & Richards, N. S. P. d. S. (2023). Lactic bacteria in artisanal cheese: Characterization through metagenomics. *Fermentation* 9, 41. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010041>
- Erkaya, T., & Sengul, M. (2011). Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows', buffaloes', ewes' and goats' milks. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 240-246. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00655.x>
- Erkaya, T., Urkek, B., Dogru, U., Cetin, B., & Sengul, M. (2015). Probiotic butter: Stability, free fatty acid composition and some quality parameters during refrigerated storage. *International Dairy Journal*, 49, 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.04.011>
- Ertürkmen, P., & Zübeyde, Ö. (2015). Beyaz peynir örneklerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin başlatıcı (starter) kültür özelliklerinin biyokimyasal yöntemlerle belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 9-16. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.25545>
- Esmerino, E. A., Ferraz, J. P., Tavares Filho, E. R., Pinto, L. P., Freitas, M. Q., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. (2017). Consumers' perceptions toward 3 different fermented dairy products: Insights from focus groups, word association, and projective mapping. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8849-8860. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12533>
- Esteban-Torres, M., Mancheño, J. M., de las Rivas, B., & Muñoz, R. (2014). Production and characterization of a tributyrin esterase from *Lactobacillus plantarum* suitable for cheese lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6737-6744. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8234>
- Ewe, J. A., & Loo, S. Y. (2016). Effect of cream fermentation on microbiological, physicochemical and rheological properties of *L. helveticus*-butter. *Food Chemistry*, 201, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.049>
- Falah, F., Vasiee, A., Yazdi, F. T., & Behbahani, B. A. (2021). Preparation and functional properties of synbiotic yogurt fermented with *Lactobacillus brevis* PML1 derived from a fermented cereal-dairy product. *BioMed Research International*, 2021, 105753. <https://doi.org/10.1155/2021/1057531>
- Fan, X., L. Du, J. Xu, Z. Shi, T. Zhang, X. Jiang, X. Zeng, Z. Wu, & D. Pan. (2022). Effect of single probiotics *Lactocaseibacillus casei* CGMCC1.5956 and *Levilactobacillus brevis* CGMCC1.5954 and their combination on the quality of yogurt as fermented milk. *LWT-Food Science and Technology*, 163, 113530. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113530>
- Farag, M. A., Saleh, H. A., El Ahmady, S., & Elmassry, M. M. (2022). Dissecting yogurt: The impact of milk types, probiotics, and selected additives on yogurt quality. *Food Reviews International*, 38(1), 634-650. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1877301>
- Farahani, Z., Rasooli, I., & Owlia, P. (2017). Isolation, identification and characterization of indigenous lactic acid bacteria for flavour improvement. *International Food Research Journal*, 24(1), 428-436.

- Farahat, A. M., & El-Batawy, O. I. (2013). Proteolytic activity and some properties of stirred fruit yoghurt made using some fruits containing proteolytic enzymes. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 8(1), 38-44. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2013.8.1.23313>
- Farhoosh, R., Einafshar, S., & Sharayei, P. (2009). The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. *Food Chemistry*, 115(3), 933-938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.035>
- Feichtinger, A., & Scholten, E. (2020). Preparation of protein oleogels: Effect on structure and functionality. *Foods*, 9(12), 1745. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9121745>
- Fernández, M., & Zúñiga, M. (2006). Amino acid catabolic pathways of lactic acid bacteria. *Critical Reviews in Microbiology*, 32, 155-183. <https://doi.org/10.1080/10408410600880643>
- Fernandez-Garcia, E., & McGregor, J. U. (1994). Determination of organic acids during the fermentation and cold storage of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 77(10), 2934-2939. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77234-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77234-9)
- Ferreira, L., Borges, A., Gomes, D., Dias, S., Pereira, C., & Henriques, M. (2020). Adding value and innovation in dairy SMEs: From butter to probiotic butter and buttermilk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8), 14867. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14867>
- Feyereisen, M., Mahony, J., Lugli, G. A., Ventura, M., Neve, H., Franz, C. M., Noben, J. P., O'Sullivan, T., & Van Sinderen, D. (2019). Isolation and characterization of *Lactobacillus brevis* phages. *Viruses*, 11(5), 393. <https://doi.org/10.3390/v11050393>
- Figueiroa, F. J. F., De Marchi, F. E., Santos, G. T. D., Santos, W. B. R. D., Kazama, D. C. D. S., Leite, L. C., Branco, A. F., & Damasceno, J. C. (2013). Production, composition and fatty acid profile of milk and butter texture of dairy cows fed ground or pelleted concentrate with sunflower and/or lignosulfonate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 743-750. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013001000008>
- Firoozmand, H., & Rousseau, D. (2016). Microbial cells as colloidal particles: Pickering oil-in-water emulsions stabilized by bacteria and yeast. *Food Research International*, 81, 66-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.10.018>
- Flores, M., & Toldra, F. (2011). Microbial enzymatic activities for improved fermented meats. *Trends in Food Science and Technology*, 22(2-3), 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.09.007>
- Fontana, A., Zacconi, C., & Morelli, L. (2018). Genetic signatures of dairy *Lactobacillus casei* group. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2611. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02611>
- Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2006). *Advanced dairy chemistr: Lipids*. Springer Science Publishing.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). *Fundamentals of cheese science* (1st, p. 271). Boston.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2000). *Fundamentals of cheese science*. (p. 98-137). USA,
- Fozo, E. M., Kajfasz, J. K., & Quivey, R. G. (2004). Low pH-induced membrane fatty acid alterations in oral bacteria. *FEMS Microbiology Letters*, 238, 291-295. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2004.tb09769.x>

- Funahashi, H., & Horiuchi, J. (2008). Characteristics of the churning process in continuous butter manufacture and modelling using an artificial neural network. *International Dairy Journal*, 18(3), 323-328. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.08.001>
- Funke-Guerber, N. (Ed.). (2018). *Laboratory catalogue for milk analysis* Funke-Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH, Germany.
- Fuquay, J. W., Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2011). *Encyclopedia of dairy sciences*. (2nd ed, p. 45-166) Academic Press.
- Gallegos, J., Arce, C., Jordano, R., Arce, L., & Medina, L. M. (2017). Target identification of volatile metabolites to allow the differentiation of lactic acid bacteria by gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Food Chemistry*, 220, 362-370. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.022>
- Gallier, S., Acton, D., Garg, M., & Singh, H. (2017). Natural and processed milk and oil body emulsions: Bioavailability, bioaccessibility and functionality. *Food Structure*, 13, 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2016.07.005>
- Garavand, F., Daly, D. F., & Gómez-Mascaraque, L. G. (2023). The consequence of supplementing with synbiotic systems on free amino acids, free fatty acids, organic acids, and some stability indexes of fermented milk. *International Dairy Journal*, 137, 105477. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105477>
- Garbacz, K. (2022). Anticancer activity of lactic acid bacteria. *Seminars in Cancer Biology*, 86(3), 356-366. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2021.12.013>
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059>
- Garcia-Cano, I., Rocha-Mendoza, D., Ortega-Anaya, J., Wang, K., Kosmerl, E., & Jiménez-Flores, R. (2019). Lactic acid bacteria isolated from dairy products as potential producers of lipolytic, proteolytic and antibacterial proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103 (13), 5243-5257. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09844-6>
- Garcia-Díez, J., & Saraiva, C. (2021). Use of starter cultures in foods from animal origin to improve their safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2544. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052544>
- Garnier, L., Mounier, J., Lê, S., Pawtowski, A., Pinon, N., Camier, B., Chatel, M., Garric, G., Thierry, A., Coton, E., & Valence, F. (2019). Development of antifungal ingredients for dairy products: From *in vitro* screening to pilot scale application. *Food Microbiology*, 81, 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.003>
- Garrigues, C., Loubiere, P., Lindley, N. D., & Coccagn-Bousquet, M. (1997). Control of the shift from homolactic acid to mixed-acid fermentation in *Lactococcus lactis*: Predominant role of the NADH/NAD⁺ ratio. *Journal of Bacteriology*, 179(17), 5282-5287. <https://doi.org/10.1128/jb.179.17.5282-5287.1997>
- Gaspar, P., Carvalho, A. L., Vinga, S., Santos, H., & Neves, A. R. (2013). From physiology to systems metabolic engineering for the production of biochemicals by lactic acid bacteria. *Biotechnology Advances*, 31(6), 764-788. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.03.011>
- Gatti, M., Bottari, B., Lazzi, C., Neviani, E., & Mucchetti, G. (2014). Invited review: Microbial evolution in raw-milk, long ripened cheeses produced using undefined

- natural whey starters. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 573-591. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7187>
- Gebreselassie, N., & Beyene, F.(2016). Starter culture development for spontaneously fermented buttermilk. *A Journal of Biotechnology*, 6(1), 11-25.
- Geng, M., Liu, X., Zhao, J., Zhang, H., & Chen, W. (2018). Investigate the flavor characteristics of yogurt through metabonomics and sensory evaluation. *Food and Fermentation Industries*, 44(7), 250-257. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.016842>
- Ghaderi-Ghahfarokhi, M., Yousefvand, A., Ahmadi Gavlighi, H., Zarei, M., & Farhangnia, P. (2020). Developing novel synbiotic low-fat yogurt with fucoxylogalacturonan from tragacanth gum: Investigation of quality parameters and *Lactobacillus casei* survival. *Food Science and Nutrition*, 8(8), 4491-4504. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1752>
- Ghosh, S., & Rousseau, D. (2011). Fat crystals and water-in-oil emulsion stability. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 16(5), 421-431. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2011.06.006>
- Ghotra, B. S., Dyal, S. D., & Narine, S. S. (2002). Lipid shortenings: A review. *Food Research International*, 35, 1015-1048. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00163-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00163-1)
- Gibson, M., & Newsham, P. (2018). *Milk and dairy. Food Science and the Culinary Arts*. (p. 133-67), Elsevier.
- Glibowski, P., Zarzycki, P., & Krzepkowska, M. (2008). The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. *International Journal of Food Properties*, 11(3), 678-686. <https://doi.org/10.1080/10942910701622599>
- Gobbetti, M., Neviani, E., Fox, P. F., & Varanini, G. M. (2018). *The cheeses of Italy: Science and technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89854-4>
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Mancini, L., & Fox, P. F. (2015). Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.016>
- Gobbetti, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Neviani, E., Fox, P. F., & De Angelis, M. (2018). Drivers that establish and assembly the lactic acid bacteria biota in cheeses. *Trends in Food Science and Technology*, 78, 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.010>
- Gomez-Ruiz, J. Á., Cabezas, L., Martínez-Castro, I., González-Viñas, M. Á., & Poveda, J. M. (2008). Influence of a defined-strain starter and *Lactobacillus plantarum* as adjunct culture on volatile compounds and sensory characteristics of Manchego cheese. *European Food Research and Technology*, 227(1), 181-190. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0708-7>
- Gonzalez, L., Fernández Cuadrillero, A., Castro, J. M., Bernardo, A., & Tornadijo, M. E. (2015). Selection of lactic acid bacteria isolated from San Simón da Costa cheese (PDO) in order to develop an autochthonous starter culture. *Advances in Microbiology*, 5, 748-759. <http://doi.org/10.4236/aim.2015.511079>
- González-Córdova, A. F., Yescas, C., Ortiz-Estrada, Á. M., De la Rosa-Alcaraz, M. L. Á., Hernández-Mendoza, A., & Vallejo-Cordoba, B. (2016). Invited review: Artisanal Mexican cheeses. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3250-3262. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10103>

- Granato, D., & Masson, M. L. (2010). Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: A response surface approach. *Food Science and Technology*, 30, 1090-1096. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400039>
- Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G., & Faria, J. A. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 292-302. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x>
- Granier, A., Goulet, O., & Hoarau, C. (2013). Fermentation products: Immunological effects on human and animal models. *Pediatric Research*, 74(2), 238-244. <https://doi.org/10.1038/pr.2013.76>
- Grattepanche, F., Miescher-Schwenninger, S., Meile, L., & Lacroix, C. (2008). Recent developments in cheese cultures with protective and probiotic functionalities. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 421-444. <https://doi.org/10.1051/dst:2008013>
- Griffith, M. W., & Tellez, A. M. (2013). *Lactobacillus helveticus*: The proteolytic system. *Frontiers in Microbiology*, 4, 30. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00030>
- Gu, Y., Li, X., Chen, H., Guan, K., Qi, X., Yang, L., & Ma, Y. (2021). Evaluation of FAAs and FFAs in yogurts fermented with different starter cultures during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96(2), 103666. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103666>
- Gu, Y., Li, X., Xiao, R., Dudu, O. E., Yang, L., & Ma, Y. (2020). Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt. *Process Biochemistry*, 99, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.07.003>
- Gundogdu, E., Cakmakci, S., & Hayaloglu, A. A. (2020). Effects of starter culture and storage on volatile profiles and sensory characteristics of yogurt or cream butter. *Mljekarstvo/Dairy*, 70(3), 184-200. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0305>
- Gupta, R., & Muralidhara, H. S. (2001). Interfacial challenges in food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 12, 382-391. <https://doi.org/10.1021/la0103721>
- Gupta, R., & Rousseau, D. (2012). Surface-active solid lipid nanoparticles as Pickering stabilizers for oil-in-water emulsions. *Food and Function*, 302-311. <https://doi.org/10.1039/c2fo10203j>
- Guzel-Seydim, Z., Seydim, A., & Greene, A. K. (2003). Comparison of amino acid profiles of milk, yogurt and Turkish kefir. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 58(3):158-160.
- Habibi Najafi, M. B., Fatemizadeh, S. S., & Tavakoli, M. (2019). Release of proteolysis products with ACE-inhibitory and antioxidant activities in probiotic yogurt containing different levels of fat and prebiotics. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25, 367-377. <https://doi.org/10.1007/s10989-018-9679-8>
- Hafeez, Z., Cakir-Kiefer, C., Lecomte, X., Miclo, L., & Dary-Mourot, A. (2019). The X-prolyl dipeptidyl-peptidase PepX of *Streptococcus thermophilus* initially described as intracellular is also responsible for peptidase extracellular activity. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 113-123. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14823>
- Haggerty, R. J., Luedecke, L. O., Nagel, C. W., & Massey, L. K. (1984). Effect of selected yogurt cultures on the concentration of orotic acid, uric acid and a hydroxymethylglutaric-like compound in milk after fermentation. *Journal of Food Science*, 49(4), 1194-1195.

- Hameed, A. M., Elkhtab, E., Mostafa, M., Refaey, M., Hassan, M. A., El-Naga, M. Y. A., Hegazy, A. A., Rabie, M., Alrefaei, A. F., Alfi, A. A., Alessa, H., Alsimaree, A. A., El-Bahy, S. M., Aljohani, M., Kadasah, S., & Aly, A. A. (2021). Amino acids, solubility, bulk density and water holding capacity of novel freeze-dried cow's skimmed milk fermented with potential probiotic *Lactobacillus plantarum* Bu-Eg5 and *Lactobacillus rhamnosus* Bu-Eg6. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(8), 103291. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103291>
- Han, M., Wu, Y., Guo, X., Jiang, L., Wang, X., & Gai, Z. (2022). Milk fermentation by monocultures or co-cultures of *Streptococcus thermophilus* strains. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 1097013. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1097013>
- Han, X., Yang, Z., Jing, X., Yu, P., Zhang, Y., Yi, H., & Zhang, L. (2016). Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *BioMed Research International*, 2016, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2016/7945675>
- Hassan, A. A. M., Sakr, S. S., Ali, A. A., Mohamed Ahmed, I. A., & Elkashef, H. (2023). Isolation, identification, and biochemical characterization of five *Lactocaseibacillus* strains from Oggitt: A traditional fermented and dried buttermilk. *Food Science and Nutrition*, 11(2), 1040-1050. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3140>
- Hastaoğlu, E., Erdoğan, M., & Işkın, M. (2021). Gastronomi turizmi kapsamında Türkiye peynir çeşitliliği haritası. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(3), 1084-1113. <https://doi.org/10.53487/ataunisobil.958028>
- Hayaloglu, A. A., Ozer, B. H., & Fox, P. F. (2008). Cheeses of Turkey: 2. Varieties ripened under brine. *Dairy Science and Technology*, 88(2), 225-244. <https://doi.org/10.1051/dst:2007014>
- Hayaloglu, A., Yasar, K., Tolu, C., & Sahingil, D. (2013). Characterizing volatile compounds and proteolysis in Gokceada artisanal goat cheese. *Small Ruminant Research*, 113(1), 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.01.001>
- Hayek, S. A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., & Ibrahim, S. A. (2019). Cultivation media for lactic acid bacteria used in dairy products. *The Journal of Dairy Research*, 86(4), 490-502. <https://doi.org/10.1017/S002202991900075X>
- Hayes, M., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Stanton, C. (2007). Putting microbes to work: Dairy fermentation, cell factories and bioactive peptides. Part I: Overview. *Biotechnology Journal-Healthcare Nutrition Technology*, 2(4), 426-434. <https://doi.org/10.1002/biot.200600246>
- Heid, H. W., & Keenan, T. W. (2005). Intracellular origin and secretion of milk fat globules. *European Journal of Cell Biology*, 84, 245-258. <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2004.12.002>
- Hekmat, S., Soltani, H., & Reid, G. (2009). Growth and survival of *Lactobacillus reuteri* RC-14 and *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 in yogurt for use as a functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(2), 293-296. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.10.007>
- Hemati, F. (2018). Effect of microbial transglutaminase and gelatin on the rheological and sensory properties of low-fat cream cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 10(1), 47-60. <https://doi.org/10.22069/EJFPP.2018.13341.1434>
- Hempel, S., Newberry, S., Ruelaz, A., Wang, Z., Miles, J. N., Suttorp, M. J., Johnsen, B., Shanman, R., Slusser, W., Fu, N., Smith, A., Roth, B., Polak, J., Motala, A., Perry, T., & Shekelle, P. G. (2011). Safety of probiotics used to reduce risk and prevent

- or tread disease: State of the research. *Agence for Healthcare Research and Quality, Evidence Report/Technology Assessment*, 200, 1-645.
- Hernández-Marín, N. Y., Lobato-Calleros, C., Román-Guerrero, A., Alvarez-Ramirez, J., & Vernon-Carter, E. J. (2016). Physical properties and release behaviour of caffeine multiple emulsions stabilised by binary or ternary biopolymer soluble complexes under acid, bile and yogurt storage conditions. *Food Hydrocolloids*, 58, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.02.008>
- 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., & 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 and Hepatology*, 11, 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Hill, D., Sugrue, I., Tobin, C., Hill, C., Stanton, C., & Ross, R. P. (2018). The *Lactobacillus casei* group: History and health related applications. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2107. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02107>
- Hillbrick, G., & Augustin, M. A. (2002). Milkfat characteristics and functionality: Opportunities for improvement. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57(1), 45.
- Ho, V. T. T., Lo, R., Bansal, N., & Turner, M. (2017). Characterisation of *Lactococcus lactis* isolates from herbs, fruits and vegetables for use as biopreservatives against *Listeria monocytogenes* in cheese. *Food Control*, 85, 472-483. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.036>
- Hofvendahl, K., & Hahn-Hägerdal, B. (2000). Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Enzyme and Microbial Technology*, 26(2-4), 87-107. [https://doi.org/10.1016/s0141-0229\(99\)00155-6](https://doi.org/10.1016/s0141-0229(99)00155-6)
- Hoxha, R., Evstatieva, Y., & Nikolova, D. (2023). Physicochemical, rheological, and sensory characteristics of yogurt fermented by lactic acid bacteria with probiotic potential and bioprotective properties. *Foods*, 12(13), 2552. <https://doi.org/10.3390/foods12132552>
- Hu, M. X., Li, J. N., Guo, Q., Zhu, Y. Q., & Niu, H. M. (2019). Probiotics biofilm-integrated electrospun nanofiber membranes: A new starter culture for fermented milk production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(11), 3198-3208. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05024>
- Hu, T., Cui, Y., & Qu, X. (2021). Analysis of the proteolytic system of *Streptococcus thermophilus* strains CS5, CS9, CS18 and CS20. *International Dairy Journal*, 118, <https://doi.org/105025>. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105025>
- Huppertz, T., & Kelly, A. L. (2006). *Physical chemistry of milk fat globules*. P F Fox, & P L H. McSweeney (Eds.), *Advanced dairy chemistry: Lipids* (3 ed., p. 173-212). New York.
- Hurtaud, C., & Peyraud, J. L. (2007). Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5134-5145. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0031>
- Ibrahim, S. (2016). Lactic Acid Bacteria: *Lactobacillus* spp.: *Other species*. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00857-X>
- Innocente, N., Biasutti, M., Rita, F., Brichese, R., Comi, G., & Iacumin, L. (2016). Effect of indigenous *Lactobacillus rhamnosus* isolated from bovine milk on microbiological characteristics and aromatic profile of traditional yogurt. *LWT-*

- Food Science and Technology*, 66, 158-164.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.031>
- Irlinger, F., & Mounier, J. (2009). Microbial interactions in cheese: Implications for cheese quality and safety. *Current Opinion in Biotechnology*, 20(2), 142-148.
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.02.016>
- Irlinger, F., Layec, S., Hélinck, S., & Dugat-Bony, E. (2015). Cheese rind microbial communities: diversity, composition and origin. *FEMS Microbiology Letters*, 362(2), 1-11. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnu015>
- IDF, (1992). *Standard of identity for fermented milks*, (Standard 163). *International Dairy Federation: Brussels*. (IDF. (1992).
- International Organisation for Standardization. (2020). *Sensory Analysis-Methodology-Texture Profile*, p. 11036. ISO: Geneva, Switzerland,
- Izco, J. M. & Torre, P. (2000). Characterisation of volatile flavour compounds in Roncal cheese extracted by the 'purge and trap' method and analysed by GC-MS. *Food Chemistry*, 70(3), 409-417. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00100-X)
- İstanbullu, Y., Yılmaz, M., Ayanoglu, E., Demir, S., Çetin, V., & Tosunoğlu, H. (2022). Mihaliç peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin farklı gruplarda yer alan bazı pestisitlerin yıkımı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 27, 68-77.
- İşleyici, Ö., & Akyüz, N. (2009). Van ilinde satışa sunulan Otlı peynirlerde mikrofloranın ve laktik asit bakterilerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(2), 59-64.
- Jalali, M., Abedi, D., Varshosaz, J., Najjarzadeh, M., Mirlohi, M., & Tavakoli, N. (2012). Stability evaluation of freeze-dried *Lactobacillus paracasei* subsp. *tolerance* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in oral capsules. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 31.
- Jaster, H., Arend, G. D., Rezzadori, K., Chaves, V. C., Reginatto, F. H., & Petrus, J. C. C. (2018). Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. *Food Research International*, 104, 119-125.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.006>
- Jia, R., Chen, H., Chen, H., & Ding, W. (2016). Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 221-227.
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10114>
- Jiang, X., Falco, C. Y., Dalby, K. N., Siegmundfeldt, H., Arneborg, N., & Risbo, J. (2019). Surface engineered bacteria as Pickering stabilizers for foams and emulsions. *Food Hydrocolloids*, 89, 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.044>
- Jiang, X., Shekarforoush, E., Muhammed, M. K., Whitehead, K. A., Arneborg, N., & Risbo, J. (2023). Lactic acid bacteria as structural building blocks in non-fat whipping cream analogues. *Food Hydrocolloids*, 135, 108137.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108137>
- Jiang, X., Shekarforoush, E., Muhammed, M. K., Whitehead, K., Simonsen, A. C., Arneborg, N., & Risbo, J. (2021). Efficient chemical hydrophobization of lactic acid bacteria - one-step formation of double emulsion. *Food Research International*, 147 (February), 110460.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110460>

- Jinjarak, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R., & Walker, J. H. (2006). Sensory, functional, and analytical comparisons of whey butter with other butters. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2428-2440. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72316-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72316-5)
- Johnson, J. (2019). *Breakfast spreads*. C Beeren, K Groves, & P M Titoria (Eds). *Reducing salt in foods*. (2nd ed. p. 255-269), Elsevier.
- Jones, A., & Martini, S. (2022). Fat content of cream affects the capacity of butter to hold water. *International Journal of Dairy Technology*, 75(4), 842-849. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12887>
- Jorgensen, C. E., Abrahamsen, R. K., Rukke, E. O., Johansen, A. G., Schüller, R. B., & Skeie, S. B. (2015). Improving the structure and rheology of high protein, low fat yoghurt with undenatured whey proteins. *International Dairy Journal*, 47, 6-18. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.02.002>
- Jung, S. J., Chae, S., & Shin, D. (2022). Fermented foods of Korea and their functionalities. *Fermentation*, 8(11), 645. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110645>
- Kailasapathy, K. (2006). Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1221-1227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.013>
- Kamimura, B. A., Magnani, M., Luciano, W. A., Campagnollo, F. B., Pimentel, T. C., Alvarenga, V. O., Pelegrino, B. O., Cruz, A. G., & Sant'Ana, A. S. (2019). Brazilian artisanal cheeses: An overview of their characteristics, main types and regulatory aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1636-1657. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12486>
- Kaminarides, S., Stamou, P., & Massouras, T. (2007). Changes of organic acids, volatile aroma compounds and sensory characteristics of Halloumi cheese kept in brine. *Food Chemistry*, 100(1), 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.039>
- Kaneuchi, C., Seki, M., & Komagata, K. (1988). Production of succinic acid from citric acid and related acids by *Lactobacillus* strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(12), 3053-3056. <https://doi.org/10.1128/aem.54.12.3053-3056.1988>
- Karakus, M. S., Akgul, F. Y., Korkmaz, A., & Atasoy, A. F. (2022). Evaluation of fatty acids, free fatty acids and textural properties of butter and sadeyag (anhydrous butter fat) produced from ovine and bovine cream and yoghurt. *International Dairy Journal*, 126, 105229. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105229>
- Karaman, S. & Ozcan, T. (2021), Determination of gelation properties and bio-therapeutic potential of black carrot fibre-enriched functional yoghurt produced using pectin and gum arabic as prebiotic. *International Journal of Dairy Technology*, 74, 505-517. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12776>
- Karimi, R., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (2012). Review article: Sensory characteristics of probiotic cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5), 437-452. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00194.x>
- Kariyawasam, K. M. G. M. M., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2021). Synbiotic yoghurt supplemented with novel probiotic *Lactobacillus brevis* KU200019 and fructooligosaccharides. *Food Bioscience*, 39, 100835. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100835>
- Kariyawasam, K. M. G. M. M., Yang, S. J., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2020). Probiotic properties of *Lactobacillus brevis* KU200019 and synergistic activity with

- fructooligosaccharides in antagonistic activity against foodborne pathogens. *Food Science of Animal Resources*, 40(2), 297-310. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e15>
- Kashaninejad, M., Razavi, S. M., Mazaheri Tehrani, M., & Kashaninejad, M. (2017). Effect of extrusion conditions and storage temperature on texture, colour and acidity of butter. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 102-109. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12273>
- Kaya, A. (2000). Properties and stability of butter oil obtained from milk and yoghurt. *Die Nahrung*, 44(2), 126-129. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803)
- Keser, G., & Ozcan, T. (2020). Determining product development and consumer strategies with food texture-aroma interactions. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 6(10), 29-54.
- Keser, G., Ciniviz, M., Baskaya Aral, I., Ozcan, T., Ersan Yılmaz, L., Copur, U. O., Kaner, O. (2021). Effect of Salt Concentration on the Structure and Preference of Mihalic Cheese: ICENS 7th International Conference on Engineering and Natural Science, Mexico.
- Khademi, F., Raeisi, S. N., Younesi, M., Motamedzadegan, A., Rabiei, K., Shojaei, M., Rokn., H., & Falsafi, M. (2022). Effect of probiotic bacteria on physicochemical, microbiological, textural, sensory properties and fatty acid profile of sour cream. *Food and Chemical Toxicology*, 166, 113244. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113244>
- Khalid, K. (2011). An overview of lactic acid bacteria. *International Journal Bioscience* 1(3), 1-13.
- Kırmacı, H. A. (2010). *Geleneksel Urfa peynirinde yer alan laktik asit bakterilerinin izolasyonu, moleküler karakterizasyonu ve starter kültür olarak kullanım olanakları*. [Doktora Tezi, Harran Üniversitesi]. Şanlıurfa.
- King, S. C., & Meiselman, H. L. (2010). Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Quality and Preference*, 21, 168-177.
- Koch, A. L., & Woeste, S. (1992). Elasticity of the sacculus of Escherichia coli. *Journal of Bacteriology*, 174(14), 4811-4819. <https://doi.org/10.1128/jb.174.14.4811-4819.1992>
- Kong, F., & Singh, R. P. (2016). *Advances in instrumental methods for shelf life evaluation. In the stability and shelf life of food* (p. 229-251). Woodhead Publishing.
- Kontkanen, H., Rokka, S., Kemppinen, A., Miettinen, H., Hellstrom, J., Kruus, K., Marnila, P., Alatossava, T., & Korhonen, H. (2011). Enzymatic and physical modification of milk fat: A review. *International Dairy Journal*, 21(1), 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.05.0>
- Korbekandi, H., Jahadi, M., Maracy, M. R., Abedi, D., & Jalali, M. T. (2009). Production and evaluation of a probiotic yogurt using *Lactobacillus casei* ssp. *casei*. *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 75-79. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00436.x>
- Kort, R., Westerik, N., Mariela Serrano, L., Douillard, F. P., Gottstein, W., Mukisa, I. M., & Sybesma, W. (2015). A novel consortium of *Lactobacillus rhamnosus* and *Streptococcus thermophilus* for increased access to functional fermented foods. *Microbial Cell Factories*, 14(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12934-015-0370-x>
- Korucu, D. (2012). *Tomas peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanması* [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. Tekirdağ.

- Kozłowska, M., Ziarno, M., Rudzińska, M., Majcher, M., Małajowicz, J., & Michewicz, K. (2022). The effect of essential oils on the survival of *Bifidobacterium* in *in vitro* conditions and in fermented cream. *Applied Sciences*, 12(3), 1067. <https://doi.org/10.3390/app12031067>
- Kose, S., Kaklıkkaya, N., Koral, S., Tufan, B., Buruk, K. C. & Aydin, F. (2011). Commercial test kits and the determination of histamine in traditional (ethnic) fish products - evaluation against an EU accepted HPLC method. *Food Chemistry*, 125, 1490-1497. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.069>
- Krastanov, A., Georgiev, M., Slavchev, A., Blazheva, D., Goranov, B., & Ibrahim, S. A. (2023). Design and volatile compound profiling of starter cultures for yogurt preparation. *Foods*, 12(2), 379. <https://doi.org/10.3390/foods12020379>
- Krause, A. J., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2007). Identification of the characteristics that drive consumer liking of butter. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2091-2102. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-823>
- Kristensen, D., Boesen, M., Jakobsen, U. L., Månsson, L., Erichsen, L., & Skibsted, L. H. (2000). Oxidative and colour stability of salted sour cream dairy spread compared to salted sweet cream dairy spread. *Milchwissenschaft*, 55(9), 504-507.
- Kristo, E., Biliaderis, C. G., & Tzanetakis, N. (2003). Modelling of rheological, microbiological and acidification properties of a fermented milk product containing a probiotic strain of *Lactobacillus paracasei*. *International Dairy Journal*, 13(7), 517-528. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00074-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00074-8)
- Kulkarni, C. V. (2017). Ultrasonic processing of butter oil (ghee) into oil-in-water emulsions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), 13170. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13170>
- Kumar, A., Hussain, S. A., Raju, P. N., Singh, A. K., & Singh, R. R. B. (2017). Packaging material type affects the quality characteristics of Aloe-probiotic lassi during storage. *Food Bioscience*, 19, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.05.007>
- Kumar, A., Kaur, R., Kumar, V., Kumar, S., Gehlot, R., & Aggarwal, P. (2022). New insights into water-in-oil-in-water (W/O/W) double emulsions: Properties, fabrication, instability mechanism, and food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 128, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.016>
- Kumar, B. V., Vijayendra, S. V., & Reddy, O. V. (2015). Trends in dairy and non-dairy probiotic products - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6112-6124. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1795-2>
- Kumar, P., & Mishra, H. N. (2003). Effect of mango pulp and soymilk fortification on the texture profile of set yoghurt made from buffalo milk. *Journal of Texture Studies*, 34(3), 249-269. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2003.tb01060.x>
- Kumar, R., Kaur, M., Garsa, A. K., Shrivastava, B., Reddy, V. P., & Tyagi, A. (2015). Natural and cultured buttermilk. *Fermented Milk and Dairy Products*, 203-225.
- Kumbhare, S., Prasad, W., Khamrui, K., Wani, A. D., & Sahu, J. (2023). Recent innovations in functionality and shelf life enhancement of *ghee*, clarified butter fat. *Journal of Food Science and Technology*, 60(1), 11-23. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05335-7>
- Kunyaboon, S., Thumanu, K., Park, J. W., Khongla, C., & Yongsawatdigul, J. (2021). Evaluation of lipid oxidation, volatile compounds and vibrational spectroscopy of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during ice storage as related to the quality of its washed mince. *Foods*, 10(3), 495. <https://doi.org/10.3390/foods10030495>

- Kwak, H.-S., Al Mijan, M., & Ganesan, P. (2014). Application of nanomaterials, nano- and microencapsulation to milk and dairy products. *Nano-and Microencapsulation for Foods*, 1, 273-300. <https://doi.org/10.1002/9781118292327.ch11>
- Laht, T. M., Kask, S., Elias, P., Adamberg, K., & Paalme, T. (2002). Role of arginine in the development of secondary microflora in Swiss-type cheese. *International Dairy Journal*, 12(10), 831-840. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00088-2)
- Laikoja, K., Teder, L., & Jõudu, I. (2017). Assessment of chemical and sensory quality of unsalted and salted sweet cream butter during storage at different temperatures and time. Agraarteadus Journal Wassell, P. Bakery Fats. K R Kanen (Ed.), *Fats in Food Technology*, 2nd p. 39-60). USA.
- Laiño, J. E., del Valle, M. J., de Giori, G. S., & LeBlanc, J. G. J. (2014). Applicability of a *Lactobacillus amylovorus* strain as co-culture for natural folate bio-enrichment of fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*, 191, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.08.031>
- Lalou, S., El Kadri, H., & Gkatzionis, K. (2017). Incorporation of water-in-oil-in-water (W1/O/W2) double emulsion in a set-type yogurt model. *Food Research International*, 100(2), 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.027>
- Lang, F., Wen, J., Wu, Z., Pan, D., & Wang, L. (2022). Evaluation of probiotic yoghurt by the mixed culture with *Lactobacillus plantarum* A3. *Food Science and Human Wellness*, 11(2), 323-331. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.11.006>
- Lapčíková, B., Lapčík, L., Valenta, T., & Kučerová, T. (2022). Functional and quality profile evaluation of butters, spreadable fats, and shortenings available from Czech market. *Foods*, 11(21), 3437. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11213437>
- Law, B. A., & Kolstad, J. (1983). Proteolytic systems in lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 49, 225-245. <https://doi.org/10.1007/BF00399500>
- Leal-Calderon, F., Thivilliers, F., & Schmitt, V. (2007). Structured emulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 12(4-5), 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.003>
- Leboš-Pavunc, A., Beganović, J., Kos, B., Uroić, K., Blažić, M., & Šušković, J. (2012). Characterization and application of autochthonous starter cultures for fresh cheese production. *Food Technology and Biotechnology*, 50(2), 141-151.
- Lecuyer, S., Rusconi, R., Shen, Y., Forsyth, A., Vlamakis, H., Kolter, R., & Stone, H. A. (2011). Shear stress increases the residence time of adhesion of *Pseudomonas aeruginosa*. *Biophysical Journal*, 100(2), 341-350. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2010.11.078>
- Ledoux, M., Chardigny, J. M., Darbois, M., Soustre, Y., Sébédio, J. L., & Laloux, L. (2005). Fatty acid composition of French butters, with special emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) isomers. *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 409-425.
- Lee, B., Yong, C. C., Yi, H. C., Kim, S., & Oh, S. (2020). A non-yeast kefir-like fermented milk development with *Lactobacillus acidophilus* KCNU and *Lactobacillus brevis* Bmb6. *Food Science of Animal Resources*, 40(4), 541. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e31>
- Lee, C. L., Liao, H. L., Lee, W. C., Hsu, C. K., Hsueh, F. C., Pan, J. Q., Chu, C. H., Wei, C. T., & Chen, M. J. (2018). Standards and labeling of milk fat and spread products in different countries. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2), 469-480. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.10.006>

- Lee, K. Y., Tsai, Y. C., Wang, S. Y., Chen, Y. P., & Chen, M. J. (2021). Coculture strategy for developing *Lactobacillus paracasei* PS23 fermented milk with anti-colitis effect. *Foods*, 10(10), 2337. <https://doi.org/10.3390/foods10102337>
- Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127-1136. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.r.05>
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.004>
- Levante, A., De Filippis, F., La Stora, A., Gatti, M., Neviani, E., Ercolini, D., & Lazzi, C. (2017). Metabolic gene-targeted monitoring of non-starter lactic acid bacteria during cheese ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 276-284. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.002>
- Li, R., Ding, Q., & Zhao, X. H. (2019). Impact of milk fortification on the microbiological and physicochemical properties of set-type skimmed yoghurt using three commercial soluble prebiotics. *Foods*, 8(6), 181. <https://doi.org/10.3390/foods8060181>
- Liang, Y., Matia-Merino, L., Gillies, G., Patel, H., Ye, A., & Golding, M. (2017). The heat stability of milk protein-stabilized oil-in-water emulsions: A review. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 28, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2017.03.007>
- Liang, Y., Patel, H., Matia-Merino, L., Ye, A., & Golding, M. (2013). Structure and stability of heat-treated concentrated dairy-protein-stabilised oil-in-water emulsions: A stability map characterisation approach. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 297-308. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.03.012>
- Lin, J., Hua, B., Xu, Z., Li, S., & Ma, C. (2016). The impact of proteolytic pork hydrolysate on microbial, flavor and free amino acids compounds of yogurt. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(4), 558-565. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.4.558>
- Lis, A., Staniewski, B., & Ziajka, J. (2021). A comparison of butter texture measurements with the AP 4/2 penetrometer and TA. XT. Plus texture analyzer. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1744-1757. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1999262>
- Liu, M., Bayjanov, J. R., Renckens, B., Nauta, A., & Siezen, R. J. (2010). The proteolytic system of lactic acid bacteria revisited: A genomic comparison. *BMC Genomics* 11, 36. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-36>
- Liu, S. Q., Holland, R., & Crow, V. L. (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: A review. *International Dairy Journal*, 14(11), 923-945. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.010>
- Liu, S. Q., (2003). Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, 83(2), 115-131. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00366-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00366-5)
- Liu, W. J. (2014). Characteristics of acid and flavor-producing *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*, as well as their functional gene typing and expression. *Ph. D. Thesis*.
- Liu, W., Pang, H., Zhang, H., & Cai, Y. (2014). Biodiversity of lactic acid bacteria. *Lactic acid bacteria: Fundamentals and practice*, 103-203. DOI:10.1007/978-94-017-8841-0_2

- Lobato-Calleros, C., Sosa-Pérez, A., Rodríguez-Tafoya, J., Sandoval-Castilla, O., Pérez-Alonso, C., & Vernon-Carter, E. J. (2008). Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1847-1856. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.006>
- Loghman, S., Moayedi, A., Mahmoudi, M., Khomeiri, M., Gómez-Mascaraque, L. G., & Garavand, F. (2022). Single and co-cultures of proteolytic lactic acid bacteria in the manufacture of fermented milk with high ace inhibitory and antioxidant activities. *Fermentation*, 8(9), 448. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090448>
- Londhe-Patil, P. B., Patange, D. D., Yadav, M. M., Kamble, D. K., & Gaondhare, S. J. (2019). Selection of strawberry form for preparation of low-fat spread. *The Pharma Innovation Journal*, 8(10), 283-288.
- Lopez, C. (2020). Crystallization and melting properties of milk fat. Dairy fat products and functionality: *Fundamental Science and Technology*, 205-243. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4_9
- Lourens-Hattingh, A., & 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)
- Lozano, P. R., Miracle, E. R., Krause, A. J., Drake, M., & Cadwallader, K. R. (2007). Effect of cold storage and packaging material on the major aroma components of sweet cream butter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7840-7846. <https://doi.org/10.1021/jf071075q>
- Ly, M. H., Aguedo, M., Goudot, S., Le, M. L., Cayot, P., Teixeira, J. A., Le, T. M., Belin, J. M., & Wach'e, Y. (2008). Interactions between bacterial surfaces and milk proteins, impact on food emulsions stability. *Food Hydrocolloids*, 22(5), 742-751. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.03.001>
- Ly, M. H., Vo, N. H., Le, T. M., Belin, J. M., & Waché, Y. (2006). Diversity of the surface properties of Lactococci and consequences on adhesion to food components. *Colloids and Surfaces Biointerfaces*, 52(2), 149-153. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2006.04.015>
- Ma, C., Ma, A., Gong, G., Liu, Z., Wu, Z., Guo, B., & Chen, Z. (2015). Cracking *Streptococcus thermophilus* to stimulate the growth of the probiotic *Lactobacillus casei* in co-culture. *International Journal of Food Microbiology*, 210, 42-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.034>
- Macciola, V., Candela, G., & De Leonardis, A. (2008). Rapid gas-chromatographic method for the determination of diacetyl in milk, fermented milk and butter. *Food Control*, 19, 873-878. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.014>
- Macias-Rodriguez, B. A., & Marangoni, A. G. (2020). Rheology and texture of cream, milk fat, butter and dairy fat spreads. *Dairy Fat Products and Functionality: Fundamental Science and Technology*, 245-275. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4_9
- Macori, G., & Cotter, P. D. (2018). Novel insights into the microbiology of fermented dairy foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.09.002>
- Majchrzak, D., Lahm, B., & Duerschmid, K. (2010). Conventional and probiotic yogurts differ in sensory properties but not in consumers' preferences. *Journal of Sensory Studies*, 25(3), 431-446. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00269.x>

- Mallia, S., Escher, F., & Schlichtherle-Cerny, H. (2008). Aroma-active compounds of butter: A review. *European Food Research and Technology*, 226, 315-325. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0555-y>
- Mallia, S., Piccinali, P., Rehberger, B., Badertscher, R., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. (2008a). Determination of storage stability of butter enriched with unsaturated fatty acids/conjugated linoleic acids (UFA/CLA) using instrumental and sensory methods. *International Dairy Journal*, 18(10-11), 983-993. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.05.007>
- Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2578-2590. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7551>
- Mannaa, M., Han, G., Seo, Y.-S., & Park, I. (2021). Evolution of food fermentation processes and the use of multi-omics in deciphering the roles of the microbiota. *Foods*, 10(11), 2861. <https://doi.org/10.3390/foods10112861>
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J., & Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., Arrieta, M. C., Cotter, P. D., De Vuyst, L., Hill, C., Holzapfel, W., Lebeer, S., Merenstein, D., Reid, G., Wolfe, B. E., & Hutkins, R. (2021). The international scientific association for probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews, Gastroenterology and Hepatology*, 18(3), 196-208. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00390-5>
- Margalho, L. P., Feliciano, M. D., Silva, C. E., Abreu, J. S., Piran, M. V. F., & Sant'Ana, A. S. (2020). Brazilian artisanal cheeses are rich and diverse sources of nonstarter lactic acid bacteria regarding technological, biopreservative, and safety properties- insights through multivariate analysis. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7908-7926. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18194>
- Marilley, L., & Casey, M. G. (2004). Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90(2), 139-159. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00304-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00304-0)
- Marinaki, E., Kandylis, P., Dimitrellou, D., Zakynthinos, G., & Varzakas, T. (2016). Probiotic yogurt production with *Lactobacillus casei* and prebiotics. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4, 48-53. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue-October.07>
- Marino, M., Innocente, N., Calligaris, S., Maifreni, M., Marangone, A., & Nicoli, M. C. (2017). Viability of probiotic *Lactobacillus rhamnosus* in structured emulsions containing saturated monoglycerides. *Journal of Functional Foods*, 35, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.012>
- Marinova, K. G., Basheva, E. S., Nenova, B., Temelska, M., Mirarefi, A. Y., Campbell, B., & Ivanov, I. B. (2009). Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1864-1876. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.03.003>

- Marroki, A., & Bousmaha-Marroki, L. (2014). *Lactobacilli* isolated from Algerian goat's milk as adjunct culture in dairy products. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(3), 410-420. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132014000300015>
- Martin, F., Cachon, R., Pernin, K., De Coninck, J., Gervais, P., Guichard, E., & Cayot, N. (2011). Effect of oxidoreduction potential on aroma biosynthesis by lactic acid bacteria in nonfat yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94(2), 614-622. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3372>
- Martinez, F. A. C., Balciunas, E. M., Salgado, J. M., González, J. M. D., Converti, A., & de Souza Oliveira, R. P. (2013). Lactic acid properties, applications and production: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 30(1), 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.11.007>
- Martini, M., Salary, F., & Altomonte, I. (2016). The macrostructure of milk lipids: The fat globules. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 1209-1221. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.758626>
- Matera, J., Luna, A. S., Batista, D. B., Pimentel, T. C., Moraes, J., Kamimura, B. A., Ferreira, M. V. S., Silva, H. L. A., Mathias, S. P., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Quitério, S. L., Sant'Ana, A. S., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2018). Brazilian cheeses: A survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Research International*, 108, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.014>
- Memisi, N., Moracanin, S. V., & Milijasevic, M. (2019, September). The influence of air hygiene on microbiological safety of butter. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (333,1, p. 012076). IOP Publishing.
- McAuliffe, O. (2018). Symposium review: *Lactococcus lactis* from nondairy sources: Their genetic and metabolic diversity and potential applications in cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3597-3610. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13331>
- McClements, D. J. (2018). Enhanced delivery of lipophilic bioactives using emulsions: A review of major factors affecting vitamin, nutraceutical, and lipid bioaccessibility. *Food and Function*, 9(1), 22-41. <https://doi.org/10.1039/c7fo01515a>
- McClements, D. J. (2010b). Emulsion design to improve the delivery of functional lipophilic components. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 241-269. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100722>
- McClements, D. J. (2012). Advances in fabrication of emulsions with enhanced functionality using structural design principles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 17(5), 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2012.06.002>
- McClements, D. J. (2004) Protein-Stabilized Emulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 9(5), 305-313. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2004.09.003>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.14710307.2004.00147.x>
- McSweeney, P. L. H., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293-324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Méndez-Cid, F. J., Centeno, J. A., Martínez, S., & Carballo, J. (2017). Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butter during storage: effects of temperature and addition of salt. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.032>

- Méndez-Velasco, C., & Goff, H. D. (2011). Enhancement of fat colloidal interactions for the preparation of ice cream high in unsaturated fat. *International Dairy Journal*, 21(8), 540-547. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.03.008>
- Mert, B., & Vilgis, T. A. (2021). Hydrocolloid coated oleosomes for development of oleogels. *Food Hydrocolloids*, 119(February), 106832. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106832>
- Mi, Z., Kwok, L. Y., Xue, J., Wang, Y., Zhang, H., & Chen, Y. (2018). Fermentation dynamics of *Lactobacillus helveticus* H9 revealed by ultra-performance liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 1442-1451. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13723>
- Mitra, S., & Ghosh, B. C. (2020). Quality characteristics of kefir as a carrier for probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG. *International Journal of Dairy Technology*, 73(2), 384-391. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12664>
- Mkadem, W., Indio, V., Belguith, K., Oussaief, O., Savini, F., Giacometti, F., & El Hatmi, H., (2023). Influence of fermentation container type on chemical and microbiological parameters of spontaneously fermented cow and goat milk. *Foods*, 12(9), 1836. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12091836>
- Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. & Mortazavian, A. M. (2012). The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks. *Engineering in Life Sciences*, 12(4), 399-409. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100125>
- Montel, M. C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D., Desmasures, N., & Berthier, E. (2014). Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 136-154. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>
- Moore, R. L., Duncan, S. E., Rasor, A. S., Eigel, W. N., & O'Keefe, S. F. (2012). Oxidative stability of an extended shelf-life dairy-based beverage system designed to contribute to heart health. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6242-6251. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5364>
- Morandi, S., & Brasca, M. (2012). Safety aspects, genetic diversity and technological characterisation of wild-type *Streptococcus thermophilus* strains isolated from north Italian traditional cheeses. *Food Control*, 23(1), 203-209. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.07.011>
- Morgunov, I. G., Kamzolova, S. V., Perevoznikova, O. A., Shishkanova, N. V., & Finogenova, T. V. (2004). Pyruvic acid production by a thiamine auxotroph of *Yarrowia lipolytica*. *Process Biochemistry*, 39(11), 1469-1474. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00259-0](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00259-0)
- Morishita, T., & Yajima, M. (1995). Incomplete operation of biosynthetic and bioenergetic functions of the citric acid cycle in multiple auxotrophic *lactobacilli*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 59(2), 251-255. <https://doi.org/10.1271/bbb.59.251>
- Mortensen, B. K. (2011). *Butter and other milk fat products*. J W Fuquay, P F Fox, & P L H McSweeney, (Eds.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*. (2nd p. 492-499.), Academic Press.
- Mortensen, B. K. (2016). *Milk fat-based spreads*. G Smithers (ed.), *Reference Module in Food Science*, (p. 1-7), Elsevier.
- Mousavi, M., Heshmati, A., Daraei Garmakhany, A., Vahidinia, A., & Taheri, M. (2019). Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with

- flaxseed during cold storage. *Food Science and Nutrition*, 7(3), 907-917. <https://doi.org/10.1002/fsn3.805>
- Mozzi, F. (2016). *Lactic acid bacteria*. B Caballero, P M Finglas, & F Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*, (Eds), (p. 501-8), Academic Press.
- Mozzi, F., Ortiz, M. E., Bleckwedel, J., De Vuyst, L., & Pescuma, M. (2013). Metabolomics as a tool for the comprehensive understanding of fermented and functional foods with lactic acid bacteria. *Food Research International*, 54(1), 1152-1161. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.010>
- Muhammad, I., Ahmad, A. A., & Shah, T. (2018). Health promoting and disease preventing properties of probiotics with special reference to *Lactobacillus*: A review. *Journal of Probiotic and Health*, 6(1), 202. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000202>
- Munekata, P. E., Chaves-Lopez, C., Fernandez-Lopez, J., Viuda-Martos, M., Sayas-Barbera, M. E., Perez-Alvarez, J. A., & Lorenzo, J. M. (2023). Autochthonous starter cultures in cheese production—a review. *Food Reviews International*, 39(8), 5886-5904. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2097691>
- Muschiolik, G. (2007). Multiple emulsions for food use. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 12, 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.006>
- Muschiolik, G., & Dickinson, E. (2017). Double emulsions relevant to food systems: Preparation, stability, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 532-555. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12261>
- Musiy, L., Tsisaryk, O., Slyvka, I., Mykhaylytska, O., & Gutyj, B. (2017). Study of keeping probiotic properties of sour-cream butter at storage. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 27-33. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00318>
- Nair, M. S., Amalaradjou, M. A., & Venkitanarayanan, K. (2017). Antivirulence properties of probiotics in combating microbial pathogenesis. *Advances in Applied Microbiology*, 98, 1-29. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2016.12.001>
- Nami, Y., Haghshenas, B., Bakhshayesh, R. V., Jalaly, H. M., Lotfi, H., Eslami, S., & Hejazi, M. A. (2018). Novel autochthonous *lactobacilli* with probiotic aptitudes as a main starter culture for probiotic fermented milk. *LWT-Food Science and Technology*, 98, 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.035>
- Navidghasemizad, S., Hesari, J., Saris, P., & Nahaei, M. R. (2009). Isolation of lactic acid bacteria from Lighvan cheese, a semihard cheese made from raw sheep milk in Iran. *International Journal Dairy Technology*, 62(2), 260-264. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00462.x>
- Nguyen, A. T. B., Nigen, M., Jimenez, L., Ait-Abderahim, H., Cunault, C., Marchesseau, S., & Picart-Palmade, L. (2018). A multi-scale approach to identify the role of heat treatment, milk protein composition and starter culture on the gel formation and the texture defects of acid milk gel. *Food Hydrocolloids*, 85, 299-310. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.016>
- Nguyen, H. T. H., Gomes Reis, M., Wa, Y., Alfante, R., Chanyi, R. M., Altermann, E., & Day, L. (2023). Differences in aroma metabolite profile, microstructure, and rheological properties of fermented milk using different cultures. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(9), 1875. <https://doi.org/10.3390/foods12091875>
- Ni, H., & Raikos, V. (2019). Lactic-acid bacteria fermentation-induced effects on microstructure and interfacial properties of oil-in-water emulsions stabilized by goat-milk proteins. *LWT-Food Science and Technology*, 109, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.002>

- Nicolai, T., & Murray, B. (2017). Particle stabilized water in water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 68, 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.036>
- Nieto-Arribas, P., Seseña, S., Poveda, J. M., Chicón, R., Cabezas, L., & Palop, L. (2011). *Enterococcus* populations in artisanal Manchego cheese: Biodiversity, technological, and safety aspects. *Food Microbiology*, 28(5), 891-899. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.12.005>
- Nikiforidis, C. V. (2019). Structure and functions of oleosomes (oil bodies). *Advances in Colloid and Interface Science*, 274, 102039. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102039>
- Nogueira, M.C.L., Lubachevsky, G., Rankin, S.A., 2005. A study of the volatile composition of Minas cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 555-563. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.07.019>
- O'Brien, N. M., & O'Connor, T. P. (2011). *Milk Lipids-Lipid Oxidation. Encyclopedia of Dairy Sciences*, 716-720. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374407-4.00342-3>
- O'Callaghan, T. F., Faulkner, H., McAuliffe, S., O'Sullivan, M. G., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., Stanton, C., & Ross, R. P. (2016). Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9441-9460. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11271>
- Okonkwo, P. O., & Kinsella, J. E. (1969). Orotic acid in food milk powders. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 22(5), 532-534. <https://doi.org/10.1093/ajcn/22.5.532>
- Olson, D. W., & Aryana, K. J. (2008). An excessively high *Lactobacillus acidophilus* inoculation level in yogurt lowers product quality during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 41(5), 911-918. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.017>
- Ong, L., Henriksson, A., & Shah, N. P. (2007). Chemical analysis and sensory evaluation of Cheddar cheese produced with *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* or *Bifidobacterium* sp. *International Dairy Journal*, 17(8), 937-945. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.002>
- Ortigosa, M., Arizcun, C., Irigoyen, A., Oneca, M., & Torre, P. (2005). Effect of *lactobacillus* adjunct cultures on the microbiological and physicochemical characteristics of Roncal-type ewes'-milk cheese. *Food Microbiology*, 23, 591-598. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.09.005>
- Ortiz-Rivera, Y., Sánchez-Vega, R., Gutiérrez-Méndez, N., León-Félix, J., Acosta-Muñiz, C., & Sepulveda, D. R. (2017). Production of reuterin in a fermented milk product by *Lactobacillus reuteri*: Inhibition of pathogens, spoilage microorganisms, and lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4258-4268. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11534>
- Ostadzadeh, M., Habibi Najafi, M. B., & Ehsani, M. R. (2022). Lactic acid bacteria isolated from traditional Iranian butter with probiotic and cholesterol-lowering properties: In vitro and in situ activity. *Food Science and Nutrition*. 11(1), 350-363. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3066>
- Østlie, H. M., Helland, M. H., & Narvhus, J. A. (2003). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk. *International Journal of Food Microbiology*, 87(1-2), 17-27. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00044-8](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00044-8)
- Otieno, D. O. (2011). *Biology of prokaryotic probiotics. Probiotics*. p. 1-28. Springer, New York, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20838-6_1

- Ozcan, T., & Kurdal, E. (2012). The effects of using a starter culture, lipase, and protease enzymes on ripening of Mihalic cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65(4), 585-593. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00868.x>
- Ozcan, T., Akpınar-Bayazit, A., Yılmaz-Ersan, L., Cetin, K., & Delikanlı, B. (2016). Evaluation of fatty acid profile of Trabzon butter. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(3), 190-194. <https://doi.org/10.7763/IJCEA.2016.V7.570>
- Ozcan, T., Horne, D., & Lucey, J. A. (2011). Effect of increasing the colloidal calcium phosphate of milk on the texture and microstructure of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5278-5288. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3932>
- Ozcan, T., Ozdemir, T., & Avci, H. R. (2021). Survival of *Lactobacillus casei* and functional characteristics of reduced sugar red beetroot yoghurt with natural sugar substitutes. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 148-160. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12741>
- Ozcelik, S., Kuley, E., & Ozogul, F. (2016). Formation of lactic, acetic, succinic, propionic, formic and butyric acid by lactic acid bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 536-542. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.066>
- Ozdemir, T., & Ozcan, T. (2020). Effect of steviol glycosides as sugar substitute on the probiotic fermentation in milk gels enriched with red beetroot (*Beta vulgaris* L.) bioactive compounds. *LWT*, 134, 109851. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109851>
- Ozer, E., & Kesenkas, H. (2019). The effect of using different starter culture combinations on ripening parameters, microbiological and sensory properties of Mihalic cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1202-1211. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03583-2>
- Özcan, M. (2023). Fonksiyonel krema üretimi. [Bursa Uludağ üniversitesi, Yüksek lisans tezi]. Bursa.
- Özcan, T., Özcan, M. (2022). Fermente süt kreması ve özellikleri. *Food and Health*, 8, 78-91. <https://doi.org/10.3153/FH22008>
- Pachekrepapol, U., Lucey, J. A., Gong, Y., Naran, R., & Azadi, P. (2017). Characterization of the chemical structures and physical properties of exopolysaccharides produced by various *Streptococcus thermophilus* strains. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3424-3435. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12125>
- Padureț, S. (2021). The effect of fat content and fatty acids composition on color and textural properties of butter. *Molecules*, 26(15), 4565. <https://doi.org/10.3390/molecules26154565>
- Pan, D. D., Wu, Z., Peng, T., Zeng, X. Q., & Li, H. (2014). Volatile organic compounds profile during milk fermentation by *Lactobacillus pentosus* and correlations between volatiles flavor and carbohydrate metabolism. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 624-631. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7131>
- Panchal, B., & Bhandari, B. (2020). *Butter and dairy fat spreads. Dairy Fat Products and Functionality: Fundamental Science and Technology*, 509-532. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4_21
- Panchal, B., Truong, T., Prakash, S., Bansal, N., & Bhandari, B. (2021). Influence of fat globule size, emulsifiers, and cream-aging on microstructure and physical

- properties of butter. *International Dairy Journal*, 117, 105003. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105003>
- Panseri, S., Soncin, S., Chiesa, L. M., & Biondi, P. A. (2011). A headspace solid-phase microextraction gas-chromatographic mass-spectrometric method (HS-SPME-GC/MS) to quantify hexanal in butter during storage as marker of lipid oxidation. *Food Chemistry*, 127(2), 886-889. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.150>
- Papagianni, M. (2012). Metabolic engineering of lactic acid bacteria for the production of industrially important compounds. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 3(4), 201210003. <https://doi.org/10.5936/csbj.201210003>
- Park, J. M., Shin, J. H., Bak, D. J., Kim, N. K., Lim, K. S., Yang, C. Y., & Kim, J. M. (2014). Determination of shelf life for butter and cheese products in actual and accelerated conditions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(2), 245. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.245>
- Patange, D. D. D., Vinayak, D. V., Chandran, D., Radha, Kumar, M., & Lorenzo, J. M. (2022). Comparative effect of cooling on the physico-chemical-sensory properties of ghee from cow and buffalo milk, and evaluation of the low-fat spread prepared from cow and buffalo milk ghee. *Food Analytical Methods*, 15(9), 2513-2523. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02312-4>
- Patange, D. D., Patel, A. A., & Kamble, D. K. (2015). Quality of ghee based low fat spread under various processing condition. In *Souvenir of 6th International conference on Emerging Technologies in Food and Nutrition for Health Management, ICETF, Bangalore*.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Paxson, H. (2010). Locating value in artisan cheese: Reverse engineering terroir for new-world landscapes. *American Anthropologist*, 112(3), 444-457. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1433.2010.01251.x>
- Pedrozo, D. D. L., Thomazini, M., Heinemann, R. J. B., & Favaro-Trindade, C. S. (2012). Protection of *Bifidobacterium lactis* and *Lactobacillus acidophilus* by microencapsulation using spray-chilling. *International Dairy Journal*, 26(2), 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.04.008>
- Peng, C., Sun, Z., Sun, Y., Ma, T., Li, W., & Zhang, H. (2021). Characterization and association of bacterial communities and nonvolatile components in spontaneously fermented cow milk at different geographical distances. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2594-2605. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19303>
- Peng, F., He, S., Yi, H., Li, Q., Xu, W., Wang, R., & Ma, Y. (2018). Physical, textural, and rheological properties of whipped cream affected by milk fat globule membrane protein. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1190-1202. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1460755>
- Pernoud, S., Fremaux, C., Sepulchre, A., Corrieu, G., & Monnet, C. (2004). Effect of the metabolism of urea on the acidifying activity of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Dairy Science*, 87(3), 550-555. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73196-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73196-3)
- Petti, C. A., Polage, C. R., & Schreckenberger, P. (2005). The role of 16S rRNA gene sequencing in identification of microorganisms misidentified by conventional methods. *Journal of Clinical Microbiology*, 43(12), 6123-6125. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.12.6123-6125.2005>

- Picon, A. (2018). *Cheese microbial ecology and safety*. P Papademas, & T Bintsis (Eds). *Global Cheesemaking Technology, Cheese Quality and Characteristics*. (p. 71-99). John Wiley & Sons Ltd.
- Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Prudencio, S. H. (2013). Influence of long-chain inulin and *Lactobacillus paracasei* subspecies *paracasei* on the sensory profile and acceptance of a traditional yogurt. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6233-6241. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6695>
- Pimentel, T. C., Garcia, S., & Prudencio, S. H. (2012). Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00739.x>
- Pimentel-González, D. J., Campos-Montiel, R. G., Lobato-Calleros, C., Pedroza-Islas, R., & Vernon-Carter, E. J. (2009). Encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* in double emulsions formulated with sweet whey as emulsifier and survival in simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 42(2), 292-297. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.002>
- Pino, A., Russo, N., Van Hoorde, K., De Angelis, M., Sferrazzo, G., Randazzo, C. L., & Caggia, C. (2019). Piacentinu Ennese PDO cheese as reservoir of promising probiotic bacteria. *Microorganisms*, 7(8), 254. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7080254>
- Pisano, M. B., Deplano, M., Fadda, M. E., & Cosentino, S. (2019). Microbiota of Sardinian goat's milk and preliminary characterization of prevalent LAB species for starter or adjunct cultures development. *BioMed Research International*, 6131404. <https://doi.org/10.1155/2019/6131404>
- Povolo, M., & Contarini, G. (2003). Comparison of solid-phase microextraction and purge-and-trap methods for the analysis of the volatile fraction of butter. *Journal of Chromatography*, 985(1-2), 117-125. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(02\)01395-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(02)01395-x)
- Pojić, M., Mišan, A., Sakač, M., Dapčević Hadnađev, T., Šarić, B., Milovanović, I., & Hadnađev, M. (2014). Characterization of byproducts originating from hemp oil processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(51), 12436-12442. <https://doi.org/10.1021/jf5044426>
- Puniya, A. K. (Ed.). (2015). *Fermented Milk and Dairy Products* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18987>
- Quinto, E. J., Jiménez, P., Caro, I., Tejero, J., Mateo, J., & Girbés, T. (2014). Probiotic lactic acid bacteria: A review. *Food and Nutrition Sciences*, 5(18), 1765-1775. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.518190>
- Randazzo, C. L., Torriani, S., Akkermans, A. D. L., De Vos, W. M., & Vaughan, E. E. (2002). Diversity, dynamics, and activity of bacterial communities during production of an artisanal Sicilian cheese as evaluated by 16S rRNA analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1882-1892. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.4.1882-1892.2002>
- Rangel-Ortega, S., Campos-Múzquiz, L., Charles Rodriguez, A., Chávez, M. L., Palomo-Ligas, L., Contreras-Esquível, J., Solanilla Duque, J. F., Flores-Gallegos, C., & Rodriguez, R. (2023). Biological control of pathogens in artisanal cheeses. *International Dairy Journal*, 140, 105612. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105612>

- Rani, R., Dharaiya, C., & Singh, B. (2012). Factors affecting of syneresis in yogurt: A review. *Journal of Dairy and Biosciences*, 23, 105-111.
- Rainer, L., & Heiss, C. J. (2004). Conjugated linoleic acid: Health implications and effects on body composition. *Journal of American Dietetic Association*, 104, 963-968.
- Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). Lactic acid bacteria: Their antimicrobial compounds and their uses in food production. *Annals of Biological Research*, 1(4), 218-228.
- Rattray, F. P., Myling-Petersen, D., Larsen, D., & Nilsson, D. (2003). Plasmid-encoded diacetyl (acetoin) reductase in *Leuconostoc pseudomesenteroides*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 304-311. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.304-311.2003>
- Ray, P. R., Chatterjee, K., Chakraborty, C., & Ghatak, P. K. (2013). Lipolysis of milk: A review. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 1(1), 58-74.
- Rehman, S., Banks, J. M., Brechany, E. Y., Muir, D. D., McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (2000). Influence of ripening temperature on the volatiles profile and flavour of Cheddar cheese made from raw or pasteurised milk. *International Dairy Journal*, 10(1-2), 55-65. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00019-4)
- Ricke, S. C. (2003). Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science*, 82(4), 632-639. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.632>
- Rocillo-Aquino, Z., Cervantes-Escoto, F., Leos-Rodríguez, J. A., Cruz-Delgado, D., & Espinoza-Ortega, A. (2021). What is a traditional food? Conceptual evolution from four dimensions. *Journal of Ethnic Foods*, 8, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s42779-021-00113-4>
- Rodríguez-Serrano, G. M., Garcia-Garibay, J. M., Cruz-Guerrero, A. E., del Carmen Gomez-Ruiz, L., Ayala-Nino, A., Castaneda-Ovando, A., & Gonzalez-Olivares, L. G. (2018). Proteolytic system of *Streptococcus thermophilus*. *Food Microbiology and Biotechnology*, 28(10), 1581-1588. <https://doi.org/10.4014/jmb.1807.07017>
- Rohm, H., & Ulberth, F. (2007). Use of magnitude estimation in sensory texture analysis of butter. *Journal of Texture Studies*, 20(4), 409-418. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1989.tb00451.x>
- Romero-Guzmán, M. J., Köllmann, N., Zhang, L., Boom, R. M., & Nikiforidis, C. V. (2020). Controlled oleosome extraction to produce a plant-based mayonnaise-like emulsion using solely rapeseed seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 123, 109120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109120>
- Rønholt, S., Kirkensgaard, J. J. K., Mortensen, K., & Knudsen, J. C. (2014). Effect of cream cooling rate and water content on butter microstructure during four weeks of storage. *Food Hydrocolloids*, 34, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.018>
- Rønholt, S., Kirkensgaard, J. J. K., Pedersen, T. B., Mortensen, K., & Knudsen, J. C. (2012). Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment. *Food Chemistry*, 135(3), 1730-1739. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.087>
- Rønholt, S., Mortensen, K., & Knudsen, J. C. (2013). The effective factors on the structure of butter and other milk fat-based products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 468-482. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12022>

- Rouhi, R., Koushki, M. R., & Shahidi, S. A. (2017). Microbiological and physicochemical properties of raw milk produced from milking to delivery to milk plant. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11, 907-912. <https://doi.org/10.22207/JPAM.11.2.30>
- Routray, W., & Mishra, H. N. (2011). Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 208-220.
- Rozhkova, I. V., Yurova, E. A., & Leonova, V. A. (2023). evaluation of the amino acid composition and content of organic acids of complex postbiotic substances obtained on the basis of metabolites of probiotic bacteria *Lactocaseibacillus paracasei* ABK and *Lactobacillus helveticus* H9. *Fermentation*, 9(5), 460. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050460>
- Ruggirello, M., Dolci, P., & Cocolin, L. (2014). Detection and viability of *Lactococcus lactis* throughout cheese ripening. *PLoS ONE*, 9(12), 114280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114280>
- Rutkowska, J., & Adamska, A. (2011). Fatty acid composition of Butter originated from north-eastern region of Poland Jaroslawa Rutkowska. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(3), 187-193. <https://doi.org/10.2478/v10222-011-0020-x>
- Ryeo-Eun, G., Kyung-A, H., Ye-Seul, K., Seung-Hee, K., Ki-Hoan, N., & Kyung-Chul, C. (2015). Effects of palm and sunflower oils on serum cholesterol and fatty liver in rats. *Journal of Medicinal Food*, 18(3), 363-369. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.3163>
- Sadishkumar, V. & Jeevaratnam, K. (2017). *In vitro* probiotic evaluation of potential antioxidant lactic acid bacteria isolated from Idli batter fermented with Piper betel leaves. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 329-340. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13284>
- Sagdic, O., Arici, M., Simsek, O., (2002). Selection of starters for a traditional Turkish yayik butter made from yoghurt. *Food Microbiology*, 19(4), 303-312.
- Saint-Eve, A., Levy, C., Le Moigne, M., Ducruet, V., & Souchon, I. (2008). Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials. *Food Chemistry*, 110, 285-293. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.070>
- Salveti, E., Torriani, S., & Felis, G. E. (2012). The genus *Lactobacillus*: A taxonomic update. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 4(4), 217-226. <https://doi.org/10.1007/s12602-012-9117-8>
- Sanguansri, L., Shen, Z., Weerakkody, R., Barnes, M., Lockett, T., & Augustin, M. A. (2013). Omega-3 fatty acids in ileal effluent after consuming different foods containing microencapsulated fish oil powder-an ileostomy study. *Food and Function*, 4(1), 74-82. <https://doi.org/10.1039/c2fo30133d>
- Santana, R. C., Perrechil, F. A., & Cunha, R. L. (2013). High-and low-energy emulsifications for food applications: A focus on process parameters. *Food Engineering Reviews*, 5, 107-122. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9065-4>
- Santiago-López, L., Aguilar-Toalá, J. E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Cordoba, B., Liceaga, A. M., & González-Córdova, A. F. (2018). Invited review: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3742-3757. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13465>
- Sarantinopoulos, P., Kalantzopoulos, G., & Tsakalidou, E. (2002). Effect of *Enterococcus faecium* microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Greek

- Feta cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 76(1-2), 93-105. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00021-1](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00021-1)
- Savadogo, G.A., Uttara, C.A.T., & Traore, A.S. (2007). Potential of lactic acid bacteria in human nutrition. *Food*, 1(1), 79-84.
- Savijoki, K., Ingmer, H., & Varmanen, P. (2006). Proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71(4), 394-406. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0427-1>
- Saygılı, D., Demirci, H., & Samav, U. (2020). Coğrafi işaretli türkiye peynirleri. *Aydın Gastronomy*, 4, 11-21.
- Schornsteiner, E., Mann, E., Bereuter, O., Wagner, M., & Schmitz-Esser, S. (2014). Cultivation-independent analysis of microbial communities on Austrian raw milk hard cheese rinds. *International Journal of Food Microbiology*, 180, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.010>
- Senoussi, A., Rapisarda, T., Schadt, I., Chenchouni, H., Saoudi, Z., Senoussi, S., Zitoïn, O. A., Zidoune, M. N., Carpino, S., & Carpino, S. (2022). Formation and dynamics of aroma compounds during manufacturing-ripening of Bouhezza goat cheese. *International Dairy Journal*, 129, 105349.
- Senoussi, A., Schadt, I., Hioun, S., Chenchouni, H., Saoudi, Z., Aissaoui Zitoun-Hamama, O., Zidoune, M. N., Carpino, S., & Rapisarda, T. (2021). Botanical composition and aroma compounds of semi-arid pastures in Algeria. *Grass and Forage Science*, 76(2), 282-299.
- Seo, C. W. (2023). Physicochemical changes during cream fermentation and quality characteristics of lactic butter produced using cultured creams with different fermentation levels. *International Dairy Journal*, 105730. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105730>
- Serra, M., Trujillo, A. J., Guamis, B., & Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.015>
- Settachaimongkon, S., Nout, M., Fernandes, E. C. A., Van Hooijdonk, T. C., Zwietering, M. H., Smid, E. J., & Van Valenberg, H. (2014). The impact of selected strains of probiotic bacteria on metabolite formation in set yoghurt. *International Dairy Journal*, 38(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.04.002>
- Settachaimongkon, S., van Valenberg, H. J., & Smid, E. J. (2017). *Metabolomics as an emerging strategy for the investigation of yogurt components. Yogurt in health and disease prevention* (p. 427-449). Academic Press.
- Settachaimongkon, S., van Valenberg, H. J., Gazi, I., Nout, M. R., van Hooijdonk, T. C., Zwietering, M. H., & Smid, E. J. (2016). Influence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 on post-acidification, metabolite formation and survival of starter bacteria in set-yoghurt. *Food Microbiology*, 59, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.04.008>
- Settanni, L., & Moschetti, G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology*, 27(6), 691-697. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.023>
- Sezenler, A., Ceyhan, A., Erdoğan, İ., & Sezenler, T. (2007). Gen kaynağı olarak korunan kıvrıcık, gökçeada ve sakız koyun ırklarının bazı verim özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 211-218.

- Sgarbi, E., Lazzi, C., Tabanelli, G., Gatti, M., Neviani, E., & Gardini, F. (2013). Nonstarter lactic acid bacteria volatiles produced using cheese components. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4223-4234. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6472>
- Shah, A. M., Tarfeen, N., Mohamed, H., & Song, Y. (2023). Fermented foods: Their health-promoting components and potential effects on gut microbiota. *Fermentation*, 9(2), 118. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020118>
- Shalaby, S. M., Farahat, A. M., & Heikal, Y. (2013). Rheological and physical properties of low-fat whipped cream containing dried lupine powder and whey protein concentrate. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 41(2), 181-192. <https://doi.org/10.21608/jfds.2016.46075>
- Shihata, A., & Shah, N. P. (2000). Proteolytic profiles of yogurt and probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 10(5-6), 401-408. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00072-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00072-8)
- Shima, M., Matsuo, T., Yamashita, M., & Adachi, S. (2009). Protection of *Lactobacillus acidophilus* from bile salts in a model intestinal juice by incorporation into the inner-water phase of a W/O/W emulsion. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 281-285. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.01.008>
- Shima, M., Morita, Y., Yamashita, M., & Adachi, S. (2006). Protection of *Lactobacillus acidophilus* from the low pH of a model gastric juice by incorporation in a W/O/W emulsion. *Food Hydrocolloids*, 20(8), 1164-1169. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.01.001>
- Smykov, I. T., Topnikova, E. V., & Danilova, E. S. (2021). Studies on fatty acid profile and microstructure of butter, dairy fat spreads and blended spreads produced in Russia. *International Journal Dairy Technology*, 74, 629-640. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12780>
- Sidira, M., Galanis, A., Nikolaou, A., Kanellaki, M., & Kourkoutas, Y. (2014). Evaluation of *Lactobacillus casei* ATCC 393 protective effect against spoilage of probiotic dry-fermented sausages. *Food Control*, 42, 315-320. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.024>
- Siezen, R. J., Tzeneva, V. A., Castioni, A., Wels, M., Phan, H. T. K., Rademaker, J. L. W., Starrenburg, M., Kleerebezem, M., Molenaar, D., & van Hylckama Vlieg, J. E. T. (2010). Phenotypic and genomic diversity of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from various environmental niches. *Environmental Microbiology*, 12, 758-773. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.02119.x>
- Silva, T., Pires, A., Gomes, D., Viegas, J., Pereira-Dias, S., Pintado, M., Henriques, M., & Pereira, C. (2023). Sheep's butter and correspondent buttermilk produced with sweet cream and cream fermented by aromatic starter, kefir and probiotic culture. *Foods*, 12(2), 331. <https://doi.org/10.3390/foods12020331>
- Singh, H., & Gallier, S. (2017). Nature's complex emulsion: The fat globules of milk. *Food Hydrocolloids*, 68, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.011>
- Smid, E. J., & Kleerebezem, M. (2014). Production of aroma compounds in lactic fermentations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 313-326. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092339>
- Smid, E. J., & Lacroix, C. (2013). Microbe-microbe interactions in mixed culture food fermentations. *Current Opinion in Biotechnology*, 24(2), 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.11.007>

- Smiddy, M. A., Kelly, A. L., & Huppertz, T. (2009). *Cream and related products in dairy fats and related produces*. AY Tamime (Ed.). Blackwell Publishing.
- Smit, G., Smit, B. A., & Engels, W. J. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Review*, 29(3), 591-610. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.002>
- Sodini, I., Lucas, A., Oliveira, M. N., Remeuf, F., & Corrieu, G. (2002). Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing. *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2479-2488. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74330-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74330-0)
- Solak, B. B., & Akin, N. (2013). Determination of some properties of traditional Mihalic cheese made from raw and pasteurized cow's milk during ripening period. *Middle East Journal of Scientific Research*, 13, 1180-1185. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.13.9.824>
- Sorhaug, T. (2011). *Yeasts and molds - Spoilage molds in dairy products*. (3, p. 2072-2078), Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00366-6>
- Sousa, M. J., Ardö, Y., & McSweeney, P. L. H. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 327-345. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00062-0)
- Staniewski, B., Ogródowska, D., Staniewska, K., & Kowalik, J. (2021). The effect of triacylglycerol and fatty acid composition on the rheological properties of butter. *International Dairy Journal*, 114, 104913. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104913>
- Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Van Sinderen, D. (2005). Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2), 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2005.02.008>
- Steele, J., Broadbent, J., & Kok, J. (2013). Perspective on the contribution of lactic acid bacteria to cheese flavour development. *Current Opinion in Biotechnology*, 24(2), 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.12.001>
- Sun, J., Chen, H., Qiao, Y., Liu, G., Leng, C., Zhang, Y., Lv, X., & Feng, Z. (2019). The nutrient requirements of *Lactobacillus rhamnosus* GG and their application to fermented milk. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5971-5978. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15834>
- Suzuki, I., Kato, S., Kitada, T., Yano, N., & Morichi, T. (1986). Growth of *Lactobacillus bulgaricus* in milk. Characteristics of purine nucleotides, pyrimidine nucleotides, and nucleic acid synthesis. *Journal of Dairy Science*, 69(4), 971-978. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80490-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80490-8)
- Szajnar, K., Znamirowska, A., & Kalicka, D. (2019). Effects of various magnesium salts for the production of milk fermented by *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1087-1099. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1628779>
- Szkolnicka, K., Dmytrów, I., & Mituniewicz-Malek, A. (2020). Buttermilk ice cream- new method for buttermilk utilization. *Food Science and Nutrition*, 8(3), 1461-1470. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1429>
- Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, 24(7), 377. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>

- Tamime A. Y. (2002). Fermented milks: A historical food with modern applications-a review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(4), 2-15. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601657>
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Yoghurt science and technology*. Elsevier.
- Tanasupawat, S., Phoottosavako, M., & Keeratipibul, S. (2015). Characterization and lipolytic activity of lactic acid bacteria isolated from Thai fermented meat. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(3), 6-12. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50302>
- Tarrah, A., Noal, V., Giaretta, S., Treu, L., da Silva Duarte, V., Corich, V., & Giacomini, A. (2018). Effect of different initial pH on the growth of *Streptococcus macedonicus* and *Streptococcus thermophilus* strains. *International Dairy Journal*, 86, 65-68. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.003>
- Taylor, M. W. & MacGibbon, A. K. H. (2002) *Lipids-general characteristics*. H Roginski, J W Fuquay, & P F Fox, (Eds.), *Encyclopedia of dairy sciences*. (p. 1544-1550). Academic Press.
- Teixeira, P. (2014). *Lactobacillus brevis*. A Carl, & M L Tortorello, (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. (p. 418-424). Academic Press.
- Tekin, A., & Hayaloglu, A. A. (2023). Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. *International Dairy Journal*, 137, 105508. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105508>
- Tekin-Cakmak, Z. H., Karasu, S., Kayacan-Cakmakoglu, S., & Akman, P. K. (2021). Investigation of potential use of by-products from cold-press industry as natural fat replacers and functional ingredients in a low-fat salad dressing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(8), 15388. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15388>
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients*, 11(7), 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>
- Thage, B. V., Broe, M. L., Petersen, M. H., Petersen, M. A., Bennedsen, M., & Ardo, Y. (2005). Aroma development in semi-hard reduced-fat cheese inoculated with *Lactobacillus paracasei* strains with different aminotransferase profiles. *The International Dairy Journal*, 15(6-9), 795-805. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.026>
- Thierry, A., Pogačić, T., Weber, M., & Lortal, S. (2015). *Production of flavor compounds by lactic acid bacteria in fermented foods*. F Mozzi, R R Raya & G M Vignolo (Eds.) *Biotechnology of lactic acid bacteria*. <https://doi.org/10.1002/9781118868386.ch19>
- Tırpancı Sivri, G., Öksüz, Ö. (2019). Identification of *Propionibacterium* spp. isolated from Mihalic cheeses by MALDI-TOF MS, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16, 244-250.
- Tian, H., Li, F., Qin, L., Yu, H., & Ma, X. (2014). Discrimination of chicken seasonings and beef seasonings using electronic nose and sensory evaluation. *Journal of Food Science*, 79(11), 2346-2353. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12675>
- Tian, H., Shen, Y., Yu, H., He, Y., & Chen, C. (2017). Effects of 4 probiotic strains in coculture with traditional starters on the flavor profile of yogurt. *Journal of Food Science*, 82(7), 1693-1701. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13779>
- Tian, H., Shi, Y., Zhang, Y., Yu, H., Mu, H., & Chen, C. (2019). Screening of aroma-producing lactic acid bacteria and their application in improving the aromatic

- profile of yogurt. *Journal of Food Biochemistry*, 43(10), 12837. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12837>
- Tian, H., Xu, X., Chen, C., & Yu, H. (2019a). Flavoromics approach to identifying the key aroma compounds in traditional Chinese milk fan. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 9639-9650. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16796>
- Tidona, F., Charfi, I., Povolò, M., Pelizzola, V., Carminati, D., Contarini, G., & Giraffa, G. (2015). Fermented beverage emulsion based on donkey milk with sunflower oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(12), 2644-2652. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12936>
- Tilocca, B., Costanzo, N., Morittu, V. M., Spina, A. A., Soggiu, A., Britti, D., & Piras, C. (2020). Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *Journal of Proteomics*, 210, 103534. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.103534>
- Toczek, K., Glibowski, P., Kordowska-Wiater, M., & Domaradzki, P. (2022). The effect of storage on potentially synbiotic emulsion spread based on milk fat and inulin. *Applied Sciences*, 12(23), 12310. <https://doi.org/10.3390/app122312310>
- Toczek, K., Glibowski, P., Kordowska-Wiater, M., & Iłowiecka, K. (2022a). Rheological and textural properties of emulsion spreads based on milk fat and inulin with the addition of probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 124, 105217. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105217>
- Toh, H., Oshima, K., Nakano, A., Takahata, M., Murakami, M., Takaki, T., Nishiyama, H., Igimi, S., Hattori, M., & Morita, H. (2013). Genomic adaptation of the *Lactobacillus casei* group. *PloS one*, 8(10), 75073. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075073>
- Tondhoosh, A., Nayeibzadeh, K., A Mohamadifar, M., Homayouni-Rad, A., & Hosseinioghli, H. (2016). Industrial application of different heat treatments and cream fat contents for improving the spreadability of butter. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*, 8(2), 107-115.
- Torino, M. I., Taranto, M. P., & Font de Valdez, G. (2005). Citrate catabolism and production of acetate and succinate by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15807. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69, 79-85. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-1949-7>
- Torre, L. L., Tamime, A. Y., & Muir, D. D. (2003). Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. *International Journal of Dairy Technology*, 56(3), 163-170. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2003.00098.x>
- Tripathi, M. K., & Giri, S. K. (2014). Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225-241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.030>
- Tropcheva, R., Georgieva, R., Paskov, V., Karsheva, M., & Danova, S. (2014). Sensory properties of Bulgarian yogurts, supplemented with *Lactobacilli* as probiotic adjuncts. *Journal of Texture Studies*, 45(3), 187-94. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12065>
- Tropcheva, R., Nikolova, D., Evstatieva, Y., & Danova, S. (2014a). Antifungal activity and identification of *Lactobacilli*, isolated from traditional dairy product “katak”. *Anaerobe*, 28, 78-84.
- Truong, T., Lopez, C., Bhandari, B., & Prakash, S. (2020). *Dairy fat products and functionality*. Springer International Publishing.

- Tsisaryk, O. Y., Slyvka, I. M., Musiy, L. Y., & Kuschnir, I. I. (2018). Selection of lactic acid bacteria isolated from natural ecosystems for production of cultured butter for herodietic use. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20, 35-40.
- Tsuji, A., Okada, S., Hols, P., & Satoh, E. (2013). Metabolic engineering of *Lactobacillus plantarum* for succinic acid production through activation of the reductive branch of the tricarboxylic acid cycle. *Enzyme and Microbial Technology*, 53(2), 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2013.04.008>
- Underwood, M. A., Salzman, N. H., Bennett, S. H., Barman, M., Mills, D. A., Marcobal, A., & Sherman, M. P. (2009). A randomized placebo-controlled comparison of 2 prebiotic/probiotic combinations in preterm infants: Impact on weight gain, intestinal microbiota, and fecal short-chain fatty acids. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 48(2), 216-225. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e31818de195>
- Upadhyay, V. K., McSweeney, P. L. H., & Magboul, A. A. A. (2004) *Proteolysis in cheese during ripening*. P F Fox, P L H McSweeney, & T M Cogan (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, (4th Eds., p. 391-433). Elsevier Academic Press.
- Valencia, M. S., Salgado, S. M., Andrade, S. A. C., Padilha, V. M., Livera, A. V. S., & Stamford, T. L. M. (2016). Development of creamy milk chocolate dessert added with fructo-oligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.039>
- Valletta, M., Ragucci, S., Landi, N., Di Maro, A., Pedone, P. V., Russo, R., & Chambery, A. (2021). Mass spectrometry-based protein and peptide profiling for food frauds, traceability and authenticity assessment. *Food Chemistry*, 365, 130456. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130456>
- van Aken, G. A., Vingerhoeds, M. H., & De Wijk, R. A. (2011). Textural perception of liquid emulsions: Role of oil content, oil viscosity and emulsion viscosity. *Food Hydrocolloids*, 25(4), 789-796. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.015>
- Van Dalen, G. (2002). Determination of the water droplet size distribution of fat spreads using confocal scanning laser microscopy. *Journal of Microscopy*, 208(2), 116-133. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2818.2002.01075.x>
- van den Oever, S. P., & Mayer, H. K. (2021). Analytical assessment of the intensity of heat treatment of milk and dairy products. *International Dairy Journal*, 121, 105097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105097>
- Van Hoorde, K., Van Leuven, I., Dirinck, P., Heyndrickx, M., Coudijzer, K., Vandamme, P., & Huys, G. (2010). Selection, application and monitoring of *Lactobacillus paracasei* strains as adjunct cultures in the production of Gouda-type cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 144(2), 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.05.007>
- Van Hoorde, K., Verstraete, T., Vandamme, P., & Huys, G. (2008). Diversity of lactic acid bacteria in two Flemish artisan raw milk Gouda-type cheeses. *Food Microbiology*, 25(7), 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.06.006>
- van Vliet, T., van Aken, G. A., de Jongh, H. H., & Hamer, R. J. (2009). Colloidal aspects of texture perception. *Advances in Colloid and Interface Science*, 150(1), 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.04.002>

- Vaseji, N., Mojgani, N., Amirinia, C., & Iranmanesh, M. (2012). Comparison of butyric acid concentrations in ordinary and probiotic yogurt samples in Iran. *Iranian Journal of Microbiology*, 4(2), 87-93.
- Vasylyivna, B. O., Fridrikhovna, Z. Y., & Volodymyrivna, O. O. (2015). Variance of sour and sweet cream butter organoleptic characteristics under storage. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 7(4), 74-82.
- Venica, C. I., Perotti, M. C., & Bergamini, C. V. (2014). Organic acids profiles in lactose-hydrolyzed yogurt with different matrix composition. *Dairy Science and Technology*, 94(6), 561-580. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0180-7>
- Vijayendra, S. V. N., & Gupta, R. C. (2013). Associative growth behavior of dahi and yoghurt starter cultures with *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* in buffalo skim milk. *Annals of Microbiology*, 63, 461-469. <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0490-z>
- Viriato, R. L. S., Queiros, M. D. S., Macedo, G. A., Ribeiro, A. P. B., & Gigante, M. L. (2022). Design of new lipids from bovine milk fat for baby nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1), 145-159. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1813073>
- Walait, M., Mir, H., Hassan, Z., & Wattoo, J. (2022). Cracking the metabolic engineering of bacteria: Review of methods involved in organic acid production. *Natural Resources for Human Health*, 2(2), 121-128. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/143540>
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurst, T. M. (2006). *Dairy science and technology*. (2nd ed.) CRC Press Taylor & Francis Group.
- Wang, C., He, X. W., Huang, Q., Fu, X., & Liu, S. (2013). Physicochemical properties and application of micronized cornstarch in low fat cream. *Journal of Food Engineering*, 116(4), 881-888. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.025>
- Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 612285. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
- Wang, Y., Zhou, J., Xia, X., Zhao, Y., & Shao, W. (2016). Probiotic potential of *Lactobacillus paracasei* FM-LP-4 isolated from Xinjiang camel milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 62, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.07.001>
- Wedajo, B. (2015). Lactic acid bacteria: Benefits, selection criteria and probiotic potential in fermented food. *Journal of Probiotics and Health*, 3(2), 129. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000129>
- Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10.
- Widyastuti, Y., & Febrisiantosa, A. (2014). The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 5 (4), 435-442. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54051>
- Wilkinson, J., Cerdan, C., & Dorigon, C. (2017). Geographical indications and 'Origin' products in Brazil-the interplay of institutions and networks. *World Development*, 98, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.003>
- Williams, A. G., & Banks, J. M. (1997). Proteolytic and other hydrolytic enzyme activities in non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) isolated from cheddar cheese

- manufactured in the United Kingdom. *International Dairy Journal*, 7(12), 763-774. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(97\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00092-7)
- Windhab, E. J., Dressler, M., Feigl, K., Fischer, P., & Megias-Alguacil, D. (2005). Emulsion processing-from single-drop deformation to design of complex processes and products. *Chemical Engineering Science*, 60(8-9), 2101-2113. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2004.12.003>
- Wolf, I. V., Perotti, M. C., Bernal, S. M., & Zalazar, C. A. (2010). Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggiano Argentino cheese: Characterization of Reggiano Argentino cheese. *Food Research International*, 43(4), 1204-1211. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.018>
- Wu G. (2009). Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. *Amino acids*, 37(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>
- Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino acids*, 45(3), 407-411. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6>
- Xanthopoulos, V., Petridis, D., & Tzanetakis, N. (2001). Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains isolated from traditional Greek yogurts. *Journal of Food Science*, 66(5), 747-752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04632.x>
- Xiao, T., & Shah, N. P. (2022). Role of cysteine in the improvement of γ -aminobutyric acid production by nonproteolytic *Levilactobacillus brevis* in coculture with *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 3883-3895. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21486>
- Xiao, T., Yan, A., Huang, J. D., Jorgensen, E. M., & Shah, N. P. (2020). Comparative peptidomic and metatranscriptomic analyses reveal improved gamma-amino butyric acid production machinery in *Levilactobacillus brevis* strain NPS-QW 145 cocultured with *Streptococcus thermophilus* strain ASCC1275 during milk fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(1), 01985-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.01985-20>
- Xu, S., Boylston, T. D., & Glatz, B. A. (2005). Conjugated linoleic acid content and organoleptic attributes of fermented milk products produced with Probiotic bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 9064-9072.
- Xu, S., Boylston, T. D., & Glatz, B. A. (2006). Effect of inoculation of *Lactobacillus rhamnosus* and yogurt cultures on conjugated linoleic acid content and quality attributes of fermented milk products. *Journal of Food Science*, 71, 275-280.
- Yamamoto, E., Watanabe, R., Tooyama, E., & Kimura, K. (2021). Effect of fumaric acid on the growth of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* during yogurt fermentation. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 9617-9626. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20173>
- Yang, M., Fu, J., & Li, L. (2012). Rheological characteristics and microstructure of probiotic soy yogurt prepared from germinated soybeans. *Food Technology and Biotechnology*, 50(1), 73.
- Yang, Z., Li, S., Zhang, X., Zeng, X., Li, D., Zhao, Y., & Zhang, J. (2010). Capsular and slime-polysaccharide production by *Lactobacillus zhamnosus* JAAS8 isolated from Chinese sauerkraut: Potential application in fermented milk products. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 110(1), 53-57. <http://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2009.12.010>

- Yatsenko, O., Yushchenko, N., Kuzmyk, U., Pasichnyi, V., Kochubei-Lytvynenko, O., Frolova, N., Korablova, O., Mykoliv, I., & Voitsekhivskyi, V. (2020). Research of milk fat oxidation processes during storage of butter pastes. *Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 443-450. <https://doi.org/10.5219/1283>
- Yıldız-Dilbaş, K. (2013). Balıkesir yöresine ait peynirlerden izole edilen *Lactobacillus* bakterilerinin starter ve probiyotik özelliklerinin araştırılması. [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi].
- Yilmaz-Ersan, L. (2013). Fatty acid composition of cream fermented by probiotic bacteria. *Mljekarstvo/Dairy*, 63(3), 132-139.
- Yilmaz Ersan, L., Ozcan, T., Akpinar Bayazit, A., Turan, M. A., & Taskin, M. B. (2017). Probiotic cream: Viability of probiotic bacteria and chemical characterization. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), 1-9. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12797>
- Yılmaz, M., & Seçilmiş, H. (2006). Analysis of some flavour components in dairy products with gas chromatography headspace system. 9th Food Congress, Bolu, Türkiye.
- Younas, F., Nadeem, M., Ullah, R., Ali, S., Tayyab, M., & Khan, A. (2023). Impact of vitamin C supplementation on composition, stability, fatty acids profile, organic acids, antioxidant properties and sensoric acceptability of cultured buttermilk. *Food Chemistry Advances*, 2, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100271>
- Yu, J., Mo, L., Pan, L., Yao, C., Ren, D., An, X., & Liu, W. (2018). Bacterial microbiota and metabolic character of traditional sour cream and butter in Buryatia, Russia. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2496. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02496>
- Yu, Y., Yu, W., & Jin, Y. (2021). Peptidomic analysis of milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Food Hydrocolloids Health*, 1, 100033. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2021.100033>
- Yüksekdağ, Z. N., Beyatlı, Y., (2009). Bazı laktik asit bakterilerinin fizyolojik, biyokimyasal, plazmit DNA ve protein profil özelliklerinin incelenmesi, *Gıda*, 34(2), 91-98.
- Yvon, M., & Rijnen, L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal*, 11, 185-201. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00049-8)
- Zaalberg, R. M., Buitenhuis, A. J., Sundekilde, U. K., Poulsen, N. A., & Bovenhuis, H. (2020). Genetic analysis of orotic acid predicted with Fourier transform infrared milk spectra. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3334-3348. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16057>
- Zalan, Z., Hudáček, J., Štětina, J., Chumchalová, J., & Halász, A. (2010). Production of organic acids by *Lactobacillus* strains in three different media. *European Food Research and Technology*, 230, 395-404. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1179-9>
- Zhang, Z., Guo, S., Wu, T., Yang, Y., Yu, X., & Yao, S. (2022). Inoculum size of co-fermentative culture affects the sensory quality and volatile metabolome of fermented milk over storage. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 5654-5668. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21733>
- Zheng, J. S., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., W O'Toole, W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M., & 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>
- Zhong, Z., Hou, Q., Kwok, L., Yu, Z., Zheng, Y., Sun, Z., Menghe, B., & Zhang, H. (2016). Bacterial microbiota compositions of naturally fermented milk are shaped by both geographic origin and sample type. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 7832-7841. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10825>
- Ziarno, M., Derewiaka, D., Florowska, A., & Szymańska, I. (2023). Comparison of the spreadability of butter and butter substitutes. *Applied Sciences*, 13(4), 2600. <https://doi.org/10.3390/app13042600>
- Zong, L., Lu, M., Wang, W., Wa, Y., Qu, H., Chen, D., Liu, Y., Qian, Y., Ji, Q., & Gu, R. (2022). The quality and flavor changes of different soymilk and milk mixtures fermented products during storage. *Fermentation*, 8(12), 668. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120668>