

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FONKSİYONEL ÖZELLİKLERE SAHİP MANDA
YOĞURDU ÜRETİMİNİN OPTİMİZASYONU**

Gözde YAŞAR TOPBAŞ

Danışman: Prof. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ

BURDUR, 2025

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca **Yüksek Lisans** Tezi olarak sunduğum “**Fonksiyonel Özelliklere Sahip Manda Yoğurdu Üretiminin Optimizasyonu**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, döküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik ö uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11/05/2025

(İmza)

Gözde YAŞAR TOPBAŞ

ÖNSÖZ

Mesleki ve akademik hayatımda bilgi birikimi ve tecrübeleriyle yol gösteren, ihtiyaç duyduğum her an yardımını esirgemeyen, varlığı ile benim için çok kıymetli olan, yüksek lisans tez konumunun belirlenmesinde, araştırılmasında ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ**'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamın yoğurt üretim aşamasındaki yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Aslı ALBAYRAK KARAOĞLU'na ve Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Süt Ürünleri ve Teknolojileri Uygulama Araştırma Merkezi personeline, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde çalışan Sayın Öğr. Gör. Cahit Burak KÜÇÜKİĞCİ'ye ve Biltekmer müdürü Sayın Prof. Dr. Hale SEÇİLMİŞ'e, çalışmama yardımlarından dolayı Sayın Dr. Öğr. Gör. Damla BİLECEN ŞEN'e, 0974 -YL-23/ E-90383742-604.02-308627 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü ve Hayvancılıkta İhtisaslaşma Koordinatörlüğü'ne ve beni destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan arkadaşlarıma, ve aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs, 2025

Gözde YAŞAR TOPBAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Fonksiyonel Gıdalar	6
2.2. Fonksiyonel Süt Ürünleri	8
2.3. LAB ve <i>L. plantarum</i>	11
2.4. Kısa Zincirli Yağ Asiti	13
2.4.1. KZYA'nın Sağlık Üzerindeki Etkisi	16
2.5. Manda Yoğurdu	18
2.6. İnülin ve Yoğurda İnülin İlavesi	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Yöntem	25
3.2.1. <i>L. plantarum</i> Suşlarının ve Manda Yoğurtlarında Aroma Bileşenleri ve KZYA'ların Belirlenmesi	25
3.2.2. Bakterilerin Antagonistik Etkisinin Belirlenmesi	26
3.2.3. Yoğurt Üretiminde Kullanılacak Kültürün Hazırlanması	26
3.2.4. Yoğurt Üretimi	27
3.2.5. Manda Sütü ve Yoğurtların Fizikokimyasal Analizleri.....	28
3.2.6. Manda Yoğurtlarının Mikrobiyolojik Analizleri	29
3.2.7. Manda Yoğurtlarında Su Salma Miktarı	29
3.2.8. Manda Yoğurtlarında Viskozite Tayini	30
3.2.9. İstatistiksel Analiz.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	31
4.1. <i>L. plantarum</i> Suşlarının Aroma Bileşenleri ve KZYA Analiz Sonuçları.....	31
4.2. Bakterilerin Antagonistik Etkilerinin Sonuçları	34
4.3. Manda Sütü Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	35
4.3. Yoğurt Analizleri	36
4.3.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	36
4.3.2. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Antagonistik etkinin belirlenmesi.....	26
Şekil 3.2. Suşların pelletlenme aşamaları	27
Şekil 3.3. Yoğurt Üretimi Akım Şeması.....	28
Şekil 3.4. Manda yoğurdu üretim aşaması.....	28
Şekil 4.1. Manda yoğurtlarının 1. gün viskozite değerleri (cP)	49
Şekil 4.2. Manda yoğurtlarının 7. gün viskozite değerleri (cP)	49
Şekil 4.3. Manda yoğurtlarının 14. gün viskozite değerleri (cP)	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Suşlarda belirlenen aroma bileşenleri ve KZYA analiz sonuçları (mg/kg)	31
Çizelge 4.2. Manda sütüne ait fizikokimyasal analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Manda yoğurdu LAB analiz sonuçları (log KOB/g)	36
Çizelge 4.4. Manda yoğurdu TMAB analiz sonuçları (log KOB/g).....	36
Çizelge 4.5. Manda yoğurtlarına ait pH değerleri.....	40
Çizelge 4.6. Manda yoğurtlarına ait titrasyon asitliği miktarları (% Laktik Asit).....	43
Çizelge 4.7. Manda yoğurtlarına ait kurumadde miktarları (%).....	44
Çizelge 4.8. Manda yoğurtlarına ait su salma değerleri (%).....	46
Çizelge 4.9. Manda yoğurtlarına ait viskozite değerleri (cP)	48
Çizelge 4.10. Manda yoğurtlarına ait aroma bileşenleri değerleri (mg/kg).....	51
Çizelge 4.11. Manda yoğurtlarına ait KZYA değerleri (mg/kg)	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANOVA	: Varyans Analizi
BİLTEKMER:	Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
CO₂	: Karbondioksit
cP	: Centipoise (Viskosimetri analizi birimi)
D1	: <i>L. plantarum</i> ve %0,5 İnülin İlavesi Yapılan Manda Yoğurdu
D2	: <i>L. plantarum</i> ve %1 İnülin İlavesi Yapılan Manda Yoğurdu
GABA	: γ -Aminobütirik asit
GI	: Gastrointestinal Sistem
GOS	: Galaktooligosakkarit
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
FOS	: Frukto-oligosakkarit
H₂	: Hidrojen
K1	: Manda Yoğurdu Kontrol Grubu
K2	: <i>L. plantarum</i> İnülin İlavesi Yapılan Manda Yoğurdu
KLA	: Konjuge Linoleik Asit
KZYA	: Kısa Zincirli Yağ Asidi
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
MAKÜ	: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
MRS	: De Man, Rogosa and Sharpe agar
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Potato Dextrose Agar
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
VRBA	: Violet Red Bile Agar

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Fonksiyonel Özelliklere Sahip Manda Yoğurdu Üretiminin Optimizasyonu

Gözde YAŞAR TOPBAŞ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ

Mayıs, 2025

Bu tez çalışmasında, daha önce yapılan çalışmalarda 16s rRNA dizi analizi ile genetik tanısı gerçekleştirilmiş ve bazı probiyotik özellikleri belirlenmiş *L. plantarum* AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşlarının kısa zincirli yağ asidi (KZYA) ve aroma ve bileşenleri tespit edilmiştir. KZYA'ndan asetik asit 2020 mg/kg ve bütirik asit 4400 mg/kg ile en yüksek olan *L. plantarum* AA1-2 yoğurt üretimi için seçilmiştir. Kontrol grubu manda yoğurdu (K1), *L. plantarum* eklenerek üretilen manda yoğurdu (K2), *L. plantarum* ve %0,5 inülin eklenen manda yoğurdu (D1) ve *L. plantarum* ve %1 inülin eklenen manda yoğurdu üretimi gerçekleştirilmiştir. 14 günlük depolama süresi boyunca KZYA, aroma bileşenleri, pH, titrasyon asitliği, kurumadde, su salma miktarı ve TMAB, LAB, küf-maya ve koliform mikroorganizma miktarı tespit edilmiştir. Manda yoğurtlarında laktik asit bakteri sayısının depolamanın 1. gününde 7,39-8,27, 14. gününde 7,07 ile 8,32 log KOB/g değerleri arasında, TMAB sayısının 7,25-8,47 log KOB/g değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Örneklerle ait % kurumadde değerinin depolama süresi boyunca değişmeden kaldığı tespit edilmiştir. pH değerlerinde *L. plantarum* AA1-2 ve inülin ilavesinin depolama süresince farklılık yaratmadığı sadece depolamanın 14. gününde %1 inülin ilaveli grupta azalış meydana geldiği tespit edilmiştir. Su salma değerlerinde inülin ilavesinin su salmada azalışa neden olduğu belirlenmiştir. Tüm depolama günlerinde inülin konsantrasyonunun artması viskoziteyi artırmıştır. Depolamanın sonunda *L. plantarum* AA1-2 ilavesi ve artan inülin miktarı asetik asit ve bütirik asit miktarında artışa sebep olmuştur.

Anahtar Kelimeler: manda yoğurdu, *L. plantarum*, inülin, KZYA

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0974-YL-23/E-90383742-604.02-308627 proje numarası ile desteklenmiştir.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Optimization of Buffalo Yogurt Production with Functional Properties

Gözde YAŞAR TOPBAŞ

Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ

June, 2025

In this thesis, short chain fatty acid (SCFA) and aroma and flavor components of *L. plantarum* AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 and AK4-11 strains, which were genetically identified by 16s rRNA sequence analysis in some probiotic properties were determined previous studies. *L. plantarum* AA1-2 was selected for yogurt production which had the highest levels of acetic acid 2020 mg/kg and butyric acid 4400 mg/kg. Four buffalo yogurts including control buffalo yogurt (K1), buffalo yogurt with *L. plantarum* (K2), buffalo yogurt with *L. plantarum* and %0,5 inulin (D1) and buffalo yogurt with *L. plantarum* and %1 inulin were produced. During the 14 day storage period, SCFA, aroma components, pH, titratable acidity, dry matter, water release and the amount of TMAB, LAB, mold, yeast and coliform microorganisms were determined. It was determined that the number of lactic acid bacteria in buffalo yogurts was between 7,39-8,27 log CFU/g on 1st day of storage and between 7,07 and 8,32 log CFU/g on day 14, and the number of TMAB was between 7,25-8,47 log CFU/g. It was determined that % dry matter value of the samples remained unchanged during the storage period. It was determined that the addition of *L. plantarum* AA1-2 and inulin did not make a difference in pH values during storage, only pH a decrease occurred in the group with %1 inulin addition on 14 day of storage. It was determined that the addition of inulin caused a decrease in water release. Increasing inulin concentration increased the viscosity values of yogurt on all storage days. At the end of storage, the addition of *L. plantarum* AA1-2 and increased inulin content caused an increase in the amount of acetic acid and butyric acid.

Keywords: Buffalo yoghurt, *L. plantarum*, inulin, SCFA

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordination Office under the Project number of 0974-YL-23/ E-90383742-604.02-308627.

1. GİRİŞ

Tarih öncesi çağlardan beri insanlar fermente gıdaları tüketmektedir. Fermantasyonun en eski örneklerinden birinin Çin’de pirinç, bal ve diğer gıdaları fermente etmek için kullanılan kil kapları olduğu görülmektedir. Fermantasyon yoluyla gıdaların korunmasında en önemli etken tartışmasız mikroorganizmalardır (Shah vd., 2023). Mikroorganizmalar esas olarak anaerobik ortamlara şeker, alkol, CO₂ ve/veya organik asit türlerini oluşturmak için fermantasyon sürecini kullanırlar. Fermente gıdalar birçok sağlık yararı olması sebebiyle farklı kültürlerin diyetlerinde önemli rol oynamaktadır. Fermantasyon sırasında mikroorganizmalara bağlı fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler, fermente gıdaların uzun vadeli stabilitesi açısından önemlidir (Tamang vd., 2020).

Son yıllarda fermente süt ürünleri insan sağlığına olan faydalarıyla önemini artırmaktadır. Süt endüstrisi de her geçen gün artan ihtiyacı karşılamaya yönelik, ürün çeşitliliğini ve üretim kapasitesini artıran en önemli sanayi dallarından birisidir (Sarkar, 2005). Süt endüstrisinde nüfusun her kesimi tarafından sevilen sağlıklı, besleyici ve fermente bir ürün olan yoğurt sıklıkla tercih edilmektedir (Demirgöl ve Sağdıç, 2018).

Yoğurt, başlatıcı kültürünün aşılmasıyla fermantasyon yoluyla üretilen en popüler süt ürünlerinden biridir (Jovanovic vd., 2021). Yoğurt %3,5 yağ, %5,6 protein, %4,6-5,2 laktoz ve %0,12-0,14 kalsiyum ve fosfor dahil sodyum, potasyum, magnezyum, demir, bakır gibi çeşitli mineraller içeren dengeli bir besindir. Aynı zamanda bu besinin içeriğinde A, B12 ve C vitamini de dahil olmak üzere çeşitli vitaminler bulunmaktadır (Hamad vd., 2022).

Yoğurtta bulunan *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (*Str. thermophilus*) ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. bulgaricus*) valin, lösin ve histidin gibi aminoasitlerin üretimine katkı sağlamaktadır. Bu aminoasitler kazeinin proteolizi sonucu üretilmektedir. *Str. thermophilus* formik asit ve CO₂ üreterek *L. bulgaricus*’un çoğalmasını teşvik etmektedir. Bu uçucu bileşikler yoğurda karakteristik lezzet sağlamaktadır (Vera-Santander vd., 2023). Yoğurdun tipik özellikleri arasında pürüzsüz viskoz dokusu, keskin ve benzersiz tadı yer almaktadır (Riar vd., 2021). Besinsel özelliklerinin yanı sıra yoğurt, insan bağırsak sağlığı için yararlı olduğu düşünülen bir dizi mikroorganizma içermektedir. Birçok çalışma yoğurt tüketiminin insan sağlığı üzerinde kanser, enfeksiyon, mide, bağırsak rahatsızlıkları ve astım gibi hastalıklarda terapötik ve koruyucu etkileri olduğunu göstermektedir (Reeta vd., 2015).

Yoğurt, dünyadaki tüm yaş gruplarında en yaygın olarak kabul edilen ve tüketilen fermente süt ürünüdür. Fermente süt ürünleri, laktik asit bakterileri (LAB) için uygun bir taşıyıcı olmasının yanı sıra, zengin besleyiciliği ve kendine özgü lezzeti ile tüketiciler arasında popülerlik kazanmıştır (Sakandar ve Zhang, 2021). Son yıllarda yoğurt gibi fermente ürünlere probiyotik mikroorganizmaların eklenmesi; insan sağlığına faydası, gıdalarda teknolojik, duysal ve mikrobiyolojik özelliklerine olumlu etkileri sebepleriyle yaygın kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Probiyotikler, yeterli miktarda uygulandıklarında, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle konakçı üzerinde sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalardır (Ahmed vd., 2023). Yoğurdun fermente edilmesinde en çok kullanılan probiyotik suşlar LAB olarak kabul edilmektedir (Ge vd., 2024).

LAB, karbonhidratları fermente edebilen ve önemli miktarda laktik asit üretebilen bir grup bakteriyi kapsar. Probiyotikler, çeşitli fizyolojik işlevlere sahip LAB olarak kabul edilmektedir. LAB ve fermente sütlerin faydalı etkilerinin araştırılması son yıllarda büyük ilgi görmektedir (Jiang vd., 2023; Yi vd., 2023).

Yoğurtta çeşitli probiyotiklerin uygulanması, yalnızca insan beslenmesini, faydalı metabolitleri ve sağlık üzerindeki faydalarını artırmak için değil, aynı zamanda yoğurdun yapısını, lezzetini ve organoleptik özelliklerini geliştirmek için de modern bir strateji ve sinerjik bir eğilim haline gelmiştir (Sunmola vd., 2019; Groves vd., 2020; Savaiano ve Hutkins, 2021; Abbasi vd., 2022; Abdoli vd., 2022; da Cruz vd., 2022; Gupta vd., 2023).

Lactiplantibacillus plantarum (*L. plantarum*) iyi bir fermantasyon özelliğine sahip probiyotik bir mikroorganizma olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle birçok terapötik ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır. *L. plantarum* yararlı bir mikroorganizma olarak ağız ve bağırsaklarda doğal olarak bulunmaktadır. Vücuda alınan besinlerin emilimi ve parçalanması gibi süreçlere de destek olduğu bilinmektedir. Ayrıca sindirim sisteminde hastalık etkeni olabilecek mikroorganizmalara karşı koruma sağlayan bir probiyotiktir (Akpınar ve Başyigit Kılıç, 2012; Behera vd., 2018).

İnsan vücudu, binlerce metabolitle işlevsel olarak etkileşime girebilmektedir. Dolayısıyla, bağırsak mikrobiyomunda, konakçı sağlığını etkileyen molekül ve metabolitler geniş bir yer kaplamaktadır. Bu moleküller arasında, liflerin bakterilere bağlı hidrolizinden elde edilen kısa zincirli yağ asidi (KZYA), konakçı sağlığındaki etkileri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. KZYA üreten bakterilerin sayısının azalması veya KZYA üretimi için genomik potansiyelin azalmasının, tip-1 diyabet, tip-2 diyabet, karaciğer sirozu, bağırsak inflamatuvarı ve diğer hastalıkları artırdığı birçok çalışmada

tespit edilmiştir. Diyet liflerinin bağırsak mikrobiyotası tarafından parçalanması ile organik asitler, gazlar ve büyük miktarda KZYA üretmektedir. Asetat (C2), propiyonat (C3) ve bütirat (C4) bağırsakta üretilen ana KZYA'dır. İnsan kolonunda 60:20:20 mM/kg bulunabilmektedir. KZYA, esas olarak mikrobiyal biyokütlenin en yüksek olduğu kolonda 50-150 mM konsantrasyona ulaşabilmektedir. Bakteriyel fermentasyon için substratlar arasında polisakkarit bitki hücre duvarları, dirençli nişasta, çözünebilir oligosakkarit ve müsin gibi diyet liflerinden türetilen sindirilemeyen karbonhidratlar bulunmaktadır. Bakteriyel fermentasyonun yanı sıra, KZYA bitkisel yağ ve hayvansal yağlarda da bulunabilmektedir. Tereyağı tribütirin formunda %3-4 oranında bütirat içermektedir (Martin-Gallausiaux vd., 2021).

KZYA, bağışıklık sistemi ve inflamatuvar tepkilerin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Koh vd., 2016). Ayrıca, obezitenin önlenmesi ve insülin duyarlılığının restorasyonu süreçlerinde önemli bir etkiye sahip olarak, diyabet tedavisinde etkin bir şekilde yer almaktadır (Campos-Perez vd., 2021; Zhang vd., 2023). Karaciğer hastalıklarında ise hafifletici etkiler gösterdiği rapor edilmektedir (Cong vd., 2022). Nörolojik hastalıklar, zihinsel sağlık sorunları ve psikiyatrik bozuklukların tedavisinde de umut verici faydalar sunduğu belirtilmektedir (Cheng vd., 2022).

L. plantarum iyi bir probiyotik olma özelliği ile insan bağırsak mikroflorasında KZYA üretimine katkı sağlamaktadır (Kang vd., 2021).

L. plantarum KZYA'ları glikolitik yol ile üretilen piruvat gibi karbonhidrat son ürünlerinin fermentasyonu ve ayrıca heterofermantasyon koşullarında fosfoketolaz yolu ile üretebilmektedir. KZYA'ların insan sağlığı açısından faydalı özellikleri nedeniyle *L. plantarum* fonksiyonel özelliklere sahip süt ürünlerinin geliştirilmesinde yararlı bir tür olabilmektedir (Kandil, 2019; Peng vd., 2023).

Yoğurt tüketiminin insan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerinin yanı sıra prebiyotik ve probiyotik ilave edilmesinin KZYA üretimini artırdığı yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (McLoughlin vd., 2017; Xiong vd., 2022).

Fermente süt ürünleri üretiminde inek, keçi, koyun ve manda sütleri kullanılabilir (Melia vd., 2020). Manda sütü, besin içeriği bakımından inek sütünden daha zengin olup, önemli bileşenler açısından daha yüksek besin değeri sunmaktadır. Manda sütü, zengin bileşimi, kendine özgü tat ve kokusuyla besinsel ve teknolojik açıdan özel bir öneme sahiptir. Manda sütü, enerji, protein, kalsiyum ve çinko açısından yüksek değerler taşıyarak, çocukların büyüme dönemindeki besinsel gereksinimlerini karşılamakta ve aynı zamanda antiinflamatuvar etkiler göstermektedir.

Ayrıca, manda sütü, inek sütüne kıyasla daha fazla vitamin ve mineral içermekte; özellikle kalsiyum, fosfor ve vitaminler bakımından zengin olup, kemik sağlığını iyileştirmeye ve osteoporoz riskini azaltmaya yardımcı olabilecek kazein türevi peptitlerin kaynağını oluşturmaktadır (Gün ve Şimşek, 2006; Özmert vd., 2024). Ülkemizde genel olarak, bölgesel farklılıklar göz önünde bulundurularak manda sütünden kaymak ve peynir üretimi yapılmaktadır. Ancak, manda sütü üretiminin sınırlı olması ve yüksek fiyatı nedeniyle, manda sütü ürünleri üzerine yapılan araştırmalar sayıca azdır (Gün ve Şimşek, 2006; Özmert vd., 2024). Manda yoğurdu manda sütünün temel özelliklerini en iyi şekilde yansıtan önemli bir üründür (Güzeler vd., 2019). Diğer hayvansal sütlerden elde edilen yoğurt türlerine göre daha kaymaklı bir yapıya ve daha yüksek miktarda kuru madde, yağ ve protein içeriğine sahiptir. Türkiye'de manda sütünün büyük bir kısmı yoğurda işlenmektedir (Bilgin ve Kaptan, 2016). Manda yoğurdu aroması ve yüksek yağ içeriği nedeniyle birçok tüketici tarafından tercih edilmektedir (Ghoneem vd., 2018).

Türkiye'de manda süt verimleri; bakım ve besleme koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermekte olup, ortalama süt verimi yılda 1000 kg, ortalama laktasyon süresi ise 250 gündür (Ermetin, 2020).

Türkiye'de genel olarak tüketicilerin talebi doğrultusunda manda sütünün %60'ı manda yoğurdu, %27'si manda kaymağı ve %22'si manda sütüne işlenmektedir (Özdemir, 2021).

İnek sütü, koyun sütü, manda sütü, keçi sütü ve deve sütü gibi farklı süt kaynaklarına dayalı probiyotik fermente ürün üretmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte, manda sütü protein ve lipitler gibi besleyici bileşikler bakımından daha zengindir ve bu nedenle daha fonksiyonel yoğurt üretiminde yaygın hammadde olarak kabul edilen inek sütünden daha iyi ve umut verici bir hammadde olarak kabul edilmektedir (Vargas-Ramella vd., 2021, Yi vd., 2024).

Hindiba kök ve saplarından üretilen inülin günümüzde gıda katkı maddesi olarak kullanılan birincil fruktan arasında yer almaktadır (Ritsema ve Smeekens, 2003). Prebiyotikler arasında inülin, fruktozdan oluşan bir karbonhidrat çeşidi olarak göze çarpmaktadır. İnülin insan gastrointestinal (GI) sistemi tarafından salgılanan enzimlerle sindirilememesi sebebiyle kalori değeri olmayan, çözünür ve fermente edilebilir diyet lifidir. Kolondaki yararlı bakterilerin çoğalmasını teşvik ederken, istenmeyen bakterilerin gelişimini de baskılamaktadır (Ramirez-Farias vd., 2008; Başyığıt Kılıç, 2018).

Bir prebiyotik olan inülinin, faydalı bakterilerin gelişmesini uyararak bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesi üzerinde olağanüstü bir etkiye sahiptir. Ek olarak inülin, lipid metabolizmasının düzenlenmesi, kilo kaybı, kan şekerinin düşürülmesi, inflamatuvar faktörlerin ekspresyonunun engellenmesi, kolon kanseri riskinin azaltılması, mineral emiliminin artırılması, kabızlığın iyileştirilmesi ve depresyonun hafifletilmesinde de fayda sağlamaktadır (Başyigit Kılıç ve Akpınar Kankaya, 2016; Rodriguez vd., 2022).

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) bünyesinde bulunan MAKÜ Çiftlik'te manda yetiştiriciliği yapılmaktadır. Manda sütü ile ilgili araştırmaların sınırlı olması sebebiyle bu çalışmada özellikle manda sütü kullanımı tercih edilmiştir. Manda yoğurtlarının fonksiyonel özelliğinin geliştirilmesi bu çalışmanın temel amacıdır.

Bu çalışmada KZYA üretimi olan probiyotik potansiyele sahip *L. plantarum* AA1-2 suşu ve inülin ilavesi ile fonksiyonel manda yoğurdu üretiminin optimizasyonu ile piyasaya alternatif bir fonksiyonel ürün kazandırılması hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, probiyotik potansiyele sahip *L. plantarum* AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşlarının organik asit ve KZYA üretimi tespit edilmiş ve en yüksek KZYA üretimi tespit edilen ve yoğurt üretimi için uygun olan *L. plantarum* AA1-2 suşu seçilerek %0,5 ve %1 inülin içeren manda yoğurdu üretimi gerçekleştirilmiştir. Manda yoğurtlarının mikrobiyolojik, fizikokimyasal özellikleri ve KZYA miktarı araştırılmıştır. Ayrıca yoğurtların viskozite, su salma değerleri analizleri yapılarak yeni fonksiyonel süt ürünlerinin üretilmesi için bir Ar-Ge çalışması yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fonksiyonel Gıdalar

İnsanlar, diyet ve sağlık konularında farklı çalışmalar ve yeni fikirlere ilgi duymaktadır. Fonksiyonel gıda teriminin ilk olarak 1980’li yıllarda Japonya’da özel bileşenler eklenerek içeriği zenginleştirilen, aynı zamanda çeşitli işlevsel etkilere sahip gıdalar için kullanıldığı bilinmektedir (Türkmen ve Gürsoy, 2017).

Tüketiciler son yıllarda beslenme yoluyla sağlıklarını koruma konusunda daha dikkatli davranmaya başlamış ve bu nedenle geleneksel gıdaların ötesinde ek faydalar sunan fonksiyonel gıdalara yönelmiştir. Tüketicilerin daha sağlıklı gıda ürünlerine olan ilgisi, beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması, beslenme taleplerinin karşılanması ve hastalık tehlikelerinin azaltılması gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır (Soyuçok ve Başyigit Kılıç, 2017).

Fonksiyonel gıda terimi çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi fonksiyonel gıdaları, temel beslenmenin ötesinde sağlık avantajları sağlayabilen gıdalar veya diyet bileşenleri olarak tanımlamaktadır (Bagchi vd., 2008).

Bir gıdanın fonksiyonel gıda olarak kabul edilebilmesi için doğal olarak gıdanın bileşeninde bulunması, gıdaya bir bileşenin eklenmesi veya çıkarılması, bir veya daha fazla bileşeni değiştirilmesi, biyoyararlanımı değiştirilmiş bir gıda veya bütün bunların kombinasyonu şeklinde hazırlanması gerekmektedir (Arvanitoyannis vd., 2005).

Az yağlı, yağı azaltılmış ve yağsız çeşitler gibi katma değerli gıda ürünlerinin yanı sıra temel beslenmenin dışında belirli sağlık ve teknolojik faydalar sunan süt bazlı proteinler ve diyet lifleri gibi fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmiş ürünler, gıda ürünleri için bir başka olası büyüme alanını temsil etmektedir (Baker vd., 2022).

Endüstriyel üretimde kullanılan birçok gıda katkı maddesinin sağlık ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, tüketicilerin doğal gıda katkı maddelerine olan ilgisi artmaktadır. Probiyotiklerin, sağlık açısından pek çok fonksiyonel özelliği nedeniyle doğal gıda katkı maddesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Probiyotikler, belirli bir miktarda tüketildiklerinde, tüketici sağlığını destekleyen ve immün sistemi uyaran canlı mikrobiyal kültürler olarak tanımlanmaktadır (Pyo vd., 2024). Son yıllarda yapılan araştırmalar, probiyotiklerin gıdalarda ve metabolizmada toksik bileşenlerin parçalanmasında etkili olduğunu, genel sağlık durumunda iyileşmeler sağladığını, hamile bireylerde bağırsak florasını iyileştirdiğini ve yetişkinlerde ise vücut ağırlığının dengelenmesine yardımcı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenlerle,

probiyotiklerin düzenli olarak tüketilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Söküt vd., 2021; Pyo vd., 2024).

Yunanca bir terim olan ve “yaşama karşı” anlamına gelen “antibiyotiklere” karşı “yaşam için” anlamına gelen “probios” kelimesinden türeyen probiyotik, biyomedikal araştırmalarda önemli bir kavram haline gelmiştir. Yeterli miktarda uygulandığında bağırsak mikrobiyal florasını koruyarak ve geliştirerek tüketicilere sağlık yararı sağlayan canlı mikrobiyal gıda takviyesini ifade etmektedir. Probiyotikler çoğunlukla *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerinin üyeleridir ve insanların GI sistemindeki karmaşık ekosistemin doğal bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Gıdalar, probiyotik mikroorganizmaların insan vücuduna iletilmesi için taşıyıcı görevi üstlenmektedir. Mide geçişi sırasında probiyotiklerin hayatta kalması ve çoğalması, kimyasal bileşim ve redoks potansiyeli gibi gıda taşıyıcılarının özelliklerinden etkilenmektedir. Aynı probiyotik suşlar, farklı gıda bileşenlerinin varlığında veya farklı gıda ortamlarında fonksiyonel ve teknolojik özellikler bakımından farklılık gösterebilmektedir (Başyigit Kılıç ve Akpınar, 2013; Obayomi vd., 2024).

LAB süt, et, meyve ve sebze gibi gıdaların doğal florasında bulunmakta ve fermente gıdaların üretiminde kültür olarak kullanılmaktadır. Bu bakteriler aynı zamanda insanlarda bağırsak, ağız, deri, üriner sistem ve hayvanların mikrobiyotasında bulunur ve bu ekosistemler üzerinde faydalı bir etkiye sahip olabilmektedir. Bazı *Lactobacillus* türleri, *Bifidobacterium* spp., *Saccharomyces boulardii* ve diğer bazı mikroorganizmalar sağlığa fayda sağlamak amacıyla gıda takviyesi probiyotik olarak kullanılmaktadır. Probiyotiklerin tedavi gören hastaların çoğunluğu için yararlı etkileri olduğu kanıtlanmış olsa da, bağışıklık sistemi baskılanmış hastalar için risklerin varlığı da bildirilmiştir. Organ yetmezliği, bağışıklık sistemi baskılanmış ve bağırsak bariyeri işlevsiz olan hastalarda probiyotik kullanımının enfeksiyonlara neden olabileceğine dair daha fazla kanıt bulunmaktadır (Demir vd., 2019).

Prebiyotikler, konakçı mikroorganizmalar tarafından kullanılan ve yararlı etkiler oluşturabilen substratlar olarak tanımlanmaktadır (Zhou vd., 2023). Son yıllarda mikrobiyoloji alanındaki ilerlemeler, probiyotik ve prebiyotiklerle ilgili araştırmaların kapsamını genişletmekte ve bu bileşiklerin yeni türleri, mekanizmaları ve uygulamaları üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda hem prebiyotiklerin hem de probiyotiklerin aynı matriste bir arada kullanılabilmesi amacıyla çeşitli sinbiyotikler geliştirilmektedir (Başyigit Kılıç, 2018; Obayomi vd., 2024).

Prebiyotikler genellikle sindirilememektedir. Doğal kaynaklardan elde edilmesinin yanında disakkaritlerden de sentezlenebilmektedir. Prebiyotikler arasında birçok sebze bulunan inülin ve oligofruktoz (OFS) oldukça yaygın olarak tercih edilmektedir. Prebiyotikler kolondaki sağlıklı geliştirici bakteriler özellikle de bifidobakterler ve laktobasiller ile oldukça iyi substrat görevinde bulunmaktadır. Böylelikle prebiyotik ve probiyotikler çeşitli gazlar, laktat ve asetat, bütirat ve propiyonat gibi KZYA ve yan ürünler üretmektedir. Yaygın olarak tercih edilen bir prebiyotik olan inülinin hem asetat hem bütirat seviyelerinde artış meydana getirdiği çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir. İnülin içeren ve içermeyen fermente süt ürünü sağlıklı bireylere belirli bir süre verilmiştir. İnülinli fermente süt ürünü alan bireylerin bağırsaklarında fermente süt ürününde bulunan probiyotik bakteri popülasyonunu koruduğu tespit edilmiştir (Demir, 2024).

2.2. Fonksiyonel Süt Ürünleri

Tüketiciler arasında fonksiyonel gıdalara giderek artan bir talep bulunmaktadır. Bu nedenle probiyotik suşlar ya da LAB türevi fonksiyonel bileşenler kullanılarak yeni ürün geliştirme veya mevcut ürünlerin iyileştirilmesi gıda endüstrisinde önemli hale gelmektedir (Nemati vd., 2023).

Son yıllarda, dünya genelinde artan sağlık sorunları, gıda ile metabolizma arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturan araştırmalar, toplumun gıda konusundaki farkındalığının artması ve sağlıklı gıdalara erişim arzusunun yükselmesi, bireylerin probiyotik gıdalara olan ilgisini artırmakta ve bu bağlamda probiyotik süt ürünleri ön plana çıkmaktadır (Terzioğlu ve Bakirci, 2023).

Gıdalara yüksek sayıda probiyotik mikroorganizmanın eklenmesi ve muhafaza edilmesiyle ilgili teknolojik zorluklar bulunmaktadır. Bu zorluklar, probiyotik formülasyonu ve gıdanın tüketimine kadar gıdalardaki probiyotik mikroorganizmaların canlılığının korunmasında yaşanmaktadır. Probiyotik kültürlerin canlılığının korunması söz konusu olduğunda; peynir, yoğurt ve fermente süt gibi fermente süt ürünleri probiyotik kültürler için çok popüler gıda dağıtım sistemleridir (Başyigit Kılıç vd., 2009; Can vd., 2024).

Fermente süt ürünlerinin, probiyotik mikroorganizmalar için en uygun gıda ürünleri olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, fermente süt ürünlerinde kullanılan probiyotik mikroorganizmaların sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebilmeleri için, belirli bir miktarda mikroorganizma içermeleri ve bu mikroorganizmaların ürünün tüketimine kadar canlılıklarını ve stabilitelerini sürdürebilmeleri gerekmektedir. Probiyotik bakterilerin

canlılıklarını koruma oranları, türler arasında farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, fermente ürünlerde probiyotik mikroorganizmaların kullanımında farklı türlerin kombinasyonları ve uygun kültürlerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır (Söküt vd., 2021).

Süt immüoglobulin, enzimler, antimikrobiyal peptitler, oligosakkaritler, yağ asitleri, sakkaritler, hormonlar, sitokinler ve büyüme faktörleri gibi bileşenlerin karmaşık bir karışımıdır (Bharti vd., 2012). Süt endüstrisi, süt ve süt ürünlerinin mevcut sağlık özelliklerini geliştirerek tüketicilerin fonksiyonel gıdalar konusundaki farkındalığına ve algısına yanıt vermektedir (Korbekandi vd., 2011).

Probiyotik süt ürünleri küçük moleküllu metabolitler ile zenginleştirilmekte ve normal süt ürünleri ile karşılaştırıldığında, kan basıncının düzenlenmesi, bağırsak mikrobiyota modülasyonu ve immünomodülasyon gibi çeşitli faydalar sergilemektedir (Jiang vd., 2023; Yi vd., 2023).

Yoğurt sahip olduğu fosfor, kalsiyum, magnezyum, çinko ve B vitaminleri gibi mineral ve vitaminlerle besin değeri, laktoz sindirimini iyileştirme ve bağışıklık sistemini güçlendirme gibi çeşitli sağlık yararları ile en çok tüketilen fermente süt ürünlerinden biridir (Jooyandeh vd., 2023). Bununla birlikte, protein ve şekerlerin süte kıyasla daha iyi sindirilebilirliği, laktik asit varlığının bir sonucu olarak peristaltik hareketlerin uyarılması, sindirimin kolaylaştırılması, GI sistemin faydalı mikroorganizmalar tarafından kolonizasyonu, destek sisteminin geliştirilmesi ve sürdürülmesi, iltihapla mücadele ve bağışıklık sisteminin uyarılması, hormon ve enzim üretiminin uyarılması, mineral tuzların emiliminin kolaylaştırılması gibi diğer faydalar da düzenli yoğurt tüketimiyle ilişkilendirilmektedir (Ribeiro vd., 2019).

Probiyotik ve prebiyotik içeren yoğurt, peynir ve fermente içecekler gibi fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesi; yaş, diyet, stres, hastalık ve alınan ilaçlara bağlı olarak bağırsak sağlığını destekleyerek mikrobiyal florayı geliştirmek için bir alternatif olarak düşünülmektedir. Sağlık açısından probiyotik ürünler, tüketim sırasında 10^6 – 10^7 KOB/mL ya da KOB/g seviyelerinde hatta daha yüksek seviyelerde canlı mikroorganizmalara sahip olmalıdır (Odun-Ayo ve Reddy, 2022). Süt ürünlerinde probiyotik olarak çoğunlukla *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* ve *Saccharomyces* kullanılmaktadır (Massoud ve Zoghi 2022). Süt ürünlerinin bileşenleri arasında temel besin kaynakları olan kalsiyum ve protein yer almaktadır. Bu sayede probiyotikler için önemli bir taşıyıcı olarak fonksiyonel kapasiteyi arttırmaktadır. Ayrıca laktozun laktik asite dönüşmesi, laktik asidin meydana getirdiği

önemli değişiklikler arasında yer almakta olup insan sağlığına faydalı etki göstermektedir (Şanlıer vd., 2019).

Yapılan epidemiyolojik çalışmalar süt ürünleri ve diyet liflerinin insan beslenmesinde probiyotik/prebiyotik etkileşimini arttırırken metabolik bozuklukları, kardiyovasküler hastalıklar, bağırsak kanseri ve prematüre ölümlerini de içeren çeşitli hastalık risklerini azaltmaktadır. Ayrıca diyet lifi ve yoğurdun akciğer hastalığına karşı potansiyel yeni bir rolü olduğu da rapor edilmiştir (Yalçın vd., 2022).

Hossain vd. (2024) tarafından yürütölen çalışmada *Lactobacillus fermentum* ve *Lactobacillus desidiosus* kombinasyonu ile probiyotik yoğurt benzeri fermente süt ürünü üretilmiş ve bu ürünlerin nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat, titrasyon asitliği, toplam çözünür kurumadde, pH, sinerezis, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu suşlar, antimikrobiyal aktivitesi, bağırsakta hayatta kalma ve kolonizasyon için uygun olması böylece yeterli sayıda canlı probiyotik hücrenin bağırsaklara ulaşması sebebiyle seçilmiştir. Bu amaçla çalışmada kontrol, %2 *L. desidiosus*, %2 *L. fermentum* ve %1 *L. desidiosus* ve %1 *L. fermentum* eklenerek inoküle edilen örnekler kullanılmıştır. Depolama 0-28 gün boyunca buzdolabı koşullarında (4 °C) gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasında nem %49,34-79,32, kül %1,14-0,31, protein %3,72-3,21, yağ %11,23-5,62 ve karbonhidrat %33,11-12,98 bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. 28 günlük depolama süresi boyunca *L. desidiosus* veya *L. fermentum*'un tekli ve birlikte kullanımı ile pH seviyeleri, nem içeriği azalmış, titre edilebilir asitlik, kül, protein, yağ içeriği, karbonhidratlar, sinerezis ve toplam çözünür kurumadde miktarı artmıştır. Ek olarak, probiyotik yoğurt benzeri fermente süt örneklerinin hiçbirinde koliform tespit edilmemiştir. Bu da raf ömrünün uzatılabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, *L. desidiosus* ve *L. fermentum* suşlarının başlatıcı kültür olarak ürüne dahil edilmesi ile tüm depolama süresi boyunca kalitesini koruyan sağlıklı gıda ürünlerinin üretilmesi sağlanmıştır.

Munteanu-Ichim vd. (2024)'nin araştırmasında geleneksel yoğurt ürünlerine fonksiyonel özellikler kazandırmak ve yapay aroma vericilere alternatif olması için meyveler, meyve özleri ve bal ile zenginleştirilerek üretilen ürünler geleneksel yoğurt ile kıyaslanmıştır. Gıda endüstrisi, sahip olduğu potansiyel değerin farkında olarak nihai ürünlerin besin profilini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilen yoğurt, üretim ve tüketim açısından dünya çapında büyük ilgi görmektedir. Esanslar, meyveler, meyve özleri ve bal yoluyla aromaların ürünlere dahil edilmesi, yeni

süt ürünlerinin inovasyonu için yapay aromalara tercih edilebilir bir alternatif olarak kabul edilmektedir.

Kumar vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, (%1 v/v) *L. plantarum* MTCC 25432, *L. plantarum* MTCC 25433 ve *L. plantarum* MTCC 25434 ile (%2 v/v) geleneksel yoğurt kültürleri (*Str. thermophilus* ve *L.bulgaricus*) ile yoğurt üretimi gerçekleştirilerek, riboflavin üreten probiyotik suşların vitamin zenginleştirmedeki etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada geleneksel yoğurt kültürleri ile hazırlanan yoğurt bazlı fermente süt kontrol olarak kullanılmıştır. Hazırlanan yoğurt bazlı fermente süt örnekleri riboflavin içeriği, antimikrobiyal aktivite, fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikler açısından analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, *L. plantarum* MTCC 25432 ile hazırlanan yoğurt bazlı fermente süt 2,49 mg/L riboflavin üretirken, MTCC 25433 2,33 mg/L, MTCC 25434 2,14 mg/L ve kontrol örneği 1,70 mg/L riboflavin üretmiştir. *L. plantarum* MTCC 25432 eklenerek hazırlanan yoğurt bazlı fermente süt diğer örnekler ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek miktarda riboflavin üretmiştir. Yoğurt kültürlerine probiyotik ilaveli örneklerde pH ve titre edilebilir asitlik 4,1-4,4 ve %1,0-1,05 (laktik asit/100 mL) aralığında tespit edilmiştir. Yoğurt bazlı fermente sütün reolojik, tekstürel ve antimikrobiyal özellikleri riboflavin üreten probiyotik suşların eklenmesiyle geliştirilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada üretilen tüm yoğurt bazlı fermente süt örnekleri duyuşal olarak kabul edilebilir bulunmuştur. Sonuç olarak, riboflavin üreten *L. plantarum* suşlarının standart yoğurt kültürleriyle birlikte kullanılmasının, yoğurt bazlı fermente sütlerde riboflavin içeriğini arttırmak ve insanlarda günlük riboflavin ihtiyacını karşılamak için iyi bir yaklaşım olduğu düşünülebilmektedir.

2.3. LAB ve *L. plantarum*

İnsan sindirim sistemi yaklaşık dört yüz farklı bakteri türü içermektedir ve bunların miktarları bireyler arasında farklılık göstermektedir. LAB karbonhidratları laktik asite fermente eden Gram-pozitif mikroorganizmalar olarak bilinmektedir. İnsan sindirim sisteminde de bulunan LAB fermentasyon sonucunda laktik asit üretmektedir ve diğer metabolitler ile mikrobiyal açıdan güvenliği sağlama, daha iyi organoleptik özelliklerin oluşumunu gerçekleştirme gibi teknolojik fayda sağlamaktadır. Yüzyıllardır LAB insan tüketimine yönelik gıdaların muhafazası için kullanılmaktadır. LAB, genellikle insanların ve diğer hayvanların bağırsaklarında, çiğ sebzelerde, et ve et ürünlerinde ve tahıllarda bulunan geniş bir fermentatif, fakültatif anaerobik mikroorganizma grubudur (Tamer vd., 2004; Başyigit Kılıç ve Akpınar, 2013; Söküt vd., 2021).

LAB besin değerini artırıcı özelliğinin yanında probiyotik özellik göstermesi gibi avantajlarıyla önem taşımaktadır (Chen vd., 2017). Bu bakteriler insanlarda doğal floranın bir parçası olarak yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Özellikle peynir, yoğurt ve diğer süt ürünleri üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kullar vd., 2023). Yapılan farklı araştırmalarda; LAB'nin patojenik mikroorganizmaları inhibe etme özellikleri, probiyotik özellikleri ve farklı kaynaklardan elde edilen LAB suşlarının antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır (Başyığit, 2004; Başyığit Kılıç vd., 2013; Başyığit Kılıç ve Akpınar, 2013; Girma ve Aemiro, 2021; Ibrahim vd., 2021).

Fermentasyon süreci sırasında LAB, lezzet gelişimi de dahil olmak üzere bir ürünün duyusal özelliklerini de etkiler. Lezzet bileşikleri, laktoz ve sitrat (glikoliz ve piruvat metabolizması), yağ (lipoliz) ve proteinlerin (proteoliz, peptidoliz ve amino asit katabolizması) dönüşümleri gibi çeşitli süreçlerle oluşur (Yoon vd., 2006). LAB, başta laktik asit olmak üzere organik asit üretimi yoluyla ham maddeyi hızla asitleştirir. Ayrıca asetik asit, etanol, aroma bileşikleri, bakteriyosinler, ekzopolisakkarit (EPS) ve ürettikleri önemli enzimlerle raf ömrünü ve mikrobiyal güvenliği artırır, dokuyu iyileştirir ve son ürünün hoş duyusal profiline katkıda bulunurlar (Hati vd., 2013). Gıda endüstrisinde, LAB suşları ya başlangıç kültürleri olarak ya da başlangıç olmayan LAB olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, probiyotik özellikleri nedeniyle, çeşitli LAB suşları gıda ve yemlerde yardımcı kültürler olarak kullanılmaktadır (Başyığit Kılıç vd., 2013; Grujović vd., 2022).

L. plantarum ve *Lactobacillus rhamnosus* özellikle epitel hücreleriyle etkileşime girerek konağın sağlığını ve fizyolojisini etkileyen ve konağın bağımsızlık sistemini güçlendiren hücre dışı proteinler, EPS'ler, bakteriyosinler ve lipoteikoik asitler üretmektedir (Sanchez vd., 2010). *Lactobacillus* suşları, gıdalarda bulunmaları ve bağırsak savunma mekanizmasındaki rolleri nedeniyle tüketim için güvenli olarak kabul edilmektedir. *Lactobacillus* suşlarından *L. plantarum* Gram pozitif, kısa çubuklu, mikroaerofilik, aside toleranslı, spor oluşturmeyen, düşük G+C içerikli, heterofermantatif bir laktobasil grubudur ve gıda endüstrisinde başlatıcı kültür ve koruyucu olarak çeşitli uygulamaları bulunmaktadır (Valan Arasu vd., 2013). Başlıca metabolitler olarak asetik asit, süksinik asit ve laktik asit gibi organik asitler üretir (Başyığit Kılıç vd., 2013).

L. plantarum fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılarak bağırsaktaki mikroorganizma dengesinin sağlanması, bağırsak florasının korunması, sindirim problemlerinin iyileşmesi, egzama, alerjiler, yüksek kolesterol, inflamatuvar bağırsak hastalığının iyileşmesi gibi faydalar sağlamaktadır. Probiyotik etkinliği açısından *L.*

plantarum, asit toleransı, bağırsak yüzeyine bağlanma yeteneği, bağırsak bütünlüğü ve hareketliliğinin desteklenmesi, bağırsak florasını değiştirme ve zararlı mikroorganizmaların gelişmesi ve çoğalmasını engelleme yeteneği ve bağışıklık düzenleme gibi özelliklere sahiptir (Duan vd., 2022).

L. plantarum lipit seviyelerini önemli ölçüde azaltabilmekte, bağışıklık fonksiyonunu arttırarak bağırsak mikrobiyomunu iyileştirici etki yaratmaktadır. Ayrıca süt ürünlerinin lezzetini ve dokusunu iyileştirmek için de kullanılabilir (Akhtar vd., 2023; Çetin vd., 2024).

Gıda endüstrisindeki uygulamaların yanı sıra *L. plantarum* herhangi bir yan etkiye neden olmadan tıbbi önemli ölçüde katkıda bulunarak ilaç endüstrisinde geniş uygulamalara sahiptir. Son zamanlarda *L. plantarum* Alzheimer, Parkinson, diyabet, obezite, kanser, hipertansiyon, ürojenital komplikasyonlar, karaciğer bozuklukları gibi çeşitli kronik ve kardiyovasküler hastalıkların tedavisi için tıbbi alanlarda uygulanmaktadır (Woo vd., 2014; Kaźmierczak-Siedlecka vd., 2020).

L. plantarum büyük genoma sahip laktobasil türüdür. Bakteriler genellikle fermente ürünlerde ve bağırsak biyotasında bulunurlar. Birçok *L. plantarum* suşu probiyotik etkileri ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi için çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Dan vd., 2019). Probiyotik olarak bilinen *L. plantarum* metabolik olarak KZYA üretme yeteneğine sahiptir. Bunu da lipolitik enzimlerin etkisiyle ve karbonhidrat fermantasyonuyla gerçekleştirmektedir (Sun vd., 2022).

2.4. Kısa Zincirli Yağ Asiti

İnsanlar diyet lifini parçalayan enzimlerden yoksundur. Bu nedenle diyet lifi üst sindirim sisteminden büyük ölçüde sindirilmemiş olarak geçer ve anaerobik mikroorganizmalar tarafından kalın bağırsakta fermente edilir. Lifi bağırsak mikroorganizmaları tarafından anaerobik fermantasyonu ile KZYA oluşmaktadır (Martin-Gallausiaux, 2021)

Tarihsel olarak bozulabilir gıdaların korunması için kullanılan fermantasyon, insan sağlığı üzerindeki yararlı etkileri bilinen mikroorganizma son ürünleri olan KZYA'lar dahil olmak üzere biyoaktif bileşik içeriğindeki artışlarla besin değerinin artırılmasında kullanılmaktadır (Lang vd., 2021).

KZYA iki ile altı karbon atomundan oluşan farklı zincir uzunluklarına sahip monokarboksilik asitlerdir. Son ürün olarak bağırsak mikrobiyotasında yaygın olarak

üretilmektedirler. Asetik asit (asetat), bütirik asit (bütirat), propiyonik asit (propiyonat), valerik asit (valerat) bu yağ asitleri oluşturmaktadır (Annunziata vd., 2020).

Yapılan çalışmalar diyet liflerinin ve probiyotik tüketiminin KZYA oluşumuna katkı sağlayarak kardiyovasküler hastalık, diyabet, kanser ve bazı kronik inflamasyon hastalıklarının ortaya çıkma riskini azalttığını göstermiştir. Bunun yanında KZYA'ların antiinflamatuvar etkisi, obezite üzerine etkisi, kardiyο koruyucu aktivite etkisi, hepatoprotektif aktivite etkisi, antidiyabetik aktivite etkisi, bağırsaktaki inflamatuvar etkisi, kabızlık üzerine etkisi, nöroprotektif aktivite etkisi, antikanser aktivite etkisi ve antibakteriyal aktivite etkisi bulunmaktadır (Silva vd., 2020; Wang vd., 2021; Zhang vd., 2023). KZYA'lar %1'den az miktarda peptit ve aminoasit oluşumuna da katkı sağlamaktadır (Hotchkiss vd., 2022).

Bağırsak mikrobiyotası, sindirilemeyen karbonhidrat liflerinin fermantasyonunda kilit bir rol oynar. Ayrıca, bağırsak mikrobiyotası asetat, propiyonat ve bütirat gibi KZYA'nın üretiminden sorumludur. Asetat en bol bulunanıdır ve birçok bağırsak kommensali tarafından büyümeyi teşvik eden çapraz beslenme sürecinde propiyonat ve bütirat üretmek için kullanılır. Diyet lifleri bağırsak mikrobiyomunu etkiler ve sinyal yollarında hayati roller oynar. KZYA'ların, asetat, bütirat ve propiyonatın moleküler düzeyde metabolik faaliyetlerini etkilediği bildirilmiştir. İnülinin etkisi KZYA ile birlikte artmaktadır (Kumar vd., 2020).

Yapılan çalışmalar KZYA'nın bağırsak mikrobiyotası tarafından yüksek miktarlarda üretildiğini göstermektedir. Sindirilemeyen karbonhidratlar (prebiyotikler) bağırsaktaki kommensaller ve probiyotik bakteriler tarafından seçici olarak fermente edilerek karbondioksit, hidrojen, metan ve başta asetat, propiyonat ve bütirat olmak üzere KZYA gibi çeşitli son ürünleri üretmektedir (Nataraj vd., 2020). Asetat esas olarak anaerobik bakteriler tarafından üretilmektedir. Birkaç çeşit bakteri fermantasyon yoluyla asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit üretmektedir (Tomás-Pejó vd., 2023).

KZYA'ların varlığı ve bileşimi beslenmeden etkilenmektedir. Diyetin makro besin bileşimi KZYA üretimini etkilemekte; bağırsak bakterileri tercihen yağ yerine diyet lifini fermente ettiğinden, yüksek yağ ve protein içeren bir diyet KZYA üretiminin azalmasına neden olmaktadır. Tersine, karbonhidrat oranı yüksek ve yağ oranı düşük bir diyet KZYA üretiminde artışa yol açabilmektedir (Cornejo-Pareja vd., 2019).

Birçok mikroorganizma KZYA üretimini teşvik etmektedir. KZYA'lar karbonhidrat glikolizi yoluyla üretilmektedir. Karbonhidratlar hidrolize olarak monosakkaritlere dönüşmektedir. Monosakkaritler fosfofenolpirüvata dönüştükten sonra pirüvata indirgenmektedir. Pirüvat asetil-coA'ya dönüştükten sonra asetat oluşmaktadır. Pirüvat oksaloasetata indirgendikten sonra malat, fumarat dönüşmekte ve oksaloasetat ile süksinatı oluşturmaktadır. Süksinat süksinil-CoA'ya dönüşerek metilmalonil-CoA'yı oluşturmaktadır. Pirüvattan oluşan laktat propinil-CoA ile birleşerek propiyonatı oluşturmaktadır. Pirüvat 2 asetil-CoA ile birleştiğinde asetoasetil-CoA oluşmakta ardından β -hidroksibütiril-CoA ve sonrasında Krotonil-CoA oluşmaktadır. Bütiril-CoA da son adımda bütirata dönüşmektedir.

Asarat vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada yağsız süte %5 oranında inülin ve *L. rhamonus* ilave edilmiş asetik asit 2.56 mM, propiyonik asit 0.85 mM, bütirik asit 0.34 mM olarak bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise guava meyvesine *L. plantarum* ilaveli fermente ürün hazırlanmıştır. Fermente olmayan meyvede bütirat 1,30 mg/100 mL olarak belirlenirken fermente olan guava meyvesinde bütirat 17,85 mg/100 mL olarak tespit edilmiştir (Bhat vd., 2015).

Hu vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, *L. rhamonus*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*'un kombinasyonu ve maya fermentasyonundan faydalanılmıştır. Araştırmada havuç suyu *L. rhamosus* eklenerek fermente edilmiş ve fermente edilen havuç suyu ile fermente edilmeyen havuç suyu karşılaştırılmıştır. Fermente edilmemiş havuç suyunda asetik asit 0,16 mg/mL, propiyonik asit 0,51 mg/mL, bütirik asit 0,64 mg/mL fermente edilmiş havuç suyunda asetik asit 0,42 mg/mL, propiyonik asit 0,72 mg/mL, bütirik asit 0,95 mg/mL olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda fermente gıda ve içeceklerde KZYA üretimini artırdığı tespit edilmiştir.

Hati vd. (2019)'nin yaptığı çalışmada *L. fermentum* KGL3, *L. plantarum* KGL3A, *L. fermentum* KGL4, *L. rhamnosus* RNS4 ve *L. fermentum* WTS4 suşları tarafından üretilen KZYA HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) kullanılarak ölçülmüştür. LAB propiyonik asit, bütirik asit ve asetik asit üretimi 24 saatte gerçekleşmiştir. *L. rhamnosus* RNS4'ün maksimum KZYA üretimi sırasıyla 0,77 g/l asetik asit, 0,26 g/l laktik asit ve 0,008 g/l bütirik asit olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada artan sağlık bilinciyle, GI sisteme oldukça fazla yararı bulunan KZYA'ya yeni kaynak arayışı için LAB'lerin iyi bir kaynak oluşturacağı belirtilmiştir.

Aiello vd. (2023)'nin araştırmasında teröpotik ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi için kullanılan ve fruktooligosakkarit (FOS)'leri fermente etme yeteneği, β -

galaktosidaz aktivitesi, antibiyotiklere duyarlılık gibi özelliklerine göre seçilen *L. plantarum* FP37, FP38 ve FP48 suşları kullanılmıştır. Bu çalışmada 24 saat fermente edilen sterilize yağsız sütte suşların bütirik asit üretimi belirlenmiştir. Farklı suşlarda farklı bütirik asidi miktarları tespit edilmiştir. Bu da bütirik asit üretiminin suşa bağlı olduğunu göstermektedir. pH'nın düşürülmesinin de bütirik asit üretimini etkileyen bir faktör olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak farklı suşların farklı metabolik yollarla bütirik asit üretme yeteneği olduğu açıktır ve üretim yaparken kullanılacak suş seçimi büyük önem arz etmektedir.

2.4.1. KZYA'nın Sağlık Üzerindeki Etkisi

KZYA'lar vücutta önemli biyolojik işlevlere sahiptir. KZYA'ların bağırsak iç ortamının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin iyileştirilmesi ve bağırsak iltihabının önlenmesi üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir (Cani, 2014). KZYA'lar, bağırsak mikrobiyotası tarafından diyet liflerinin fermentasyonu yoluyla üretildikleri ve daha sonra bağırsak sistemini kaplayan hücreler için önemli bir enerji kaynağı olarak görev aldıkları için bağırsak metabolizmasında hayati bir rol oynamaktadır. KZYA üretim süreci ve bunların bağırsak metabolizması ile etkileşimi karmaşıktır ve çeşitli biyokimyasal yolları içermektedir (Shin vd., 2023). Birçok çalışma, KZYA'ların kanatlı hayvanlarda bağırsak sağlığının düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Tüzün ve Çiftçi, 2010). KZYA'lar öncelikle bağırsaktan emilmekte ve enterositler tarafından enerji üretimi için önemli bir substrat olarak kullanılmaktadır. KZYA'lar ayrıca bağırsak pH'ını düşürerek patojenlerin istilasını ve kolonizasyonunu engelleyebilmektedir. KZYA'lar bağırsak sağlığına faydasının yanında tip 2 diyabet, obezite, kronik böbrek hastalığı, hipertansiyon, inflamatuvar bağırsak hastalığı ve kolorektal kanser gibi hastalıkların çeşitli yollarla ilerlemesini geciktirmede de fayda sağlamaktadır (Zhang vd., 2023; Shin vd., 2023). Kısa zincirli bir yağ asidi olan bütirik asit, kolon hücrelerine enerji sağlama, bağırsak homeostazını modüle etme ve bağırsak iltihabını düzenleme gibi vücut sağlığını korumadaki önemli rolü nedeniyle önemlidir. Asetik, propiyonik ve valerik asit gibi diğer KZYA'larla karşılaştırıldığında, bütirik asidin vücut sağlığını düzenlemedeki etki mekanizması artık nispeten iyi anlaşılmıştır (Wang vd., 2020; Jiang vd., 2023). Çok sayıda çalışmada, kronik bulaşıcı olmayan hastalıkları olan hastaların çoğunun sağlıklı bireylere göre daha düşük bağırsak bütirik asit seviyesine sahip olduğunu bulunmuştur. Bu nedenle, bütirik asit fizyolojik olarak aktif önemli bir

maddedir ve bütirik asit üretimi için güvenli, düşük maliyetli ve verimli yöntemlerden yararlanmak önemlidir (Liu vd., 2021; Gong vd., 2023).

KZYA'lar konakçı enerji metabolizmasında önemli rol oynamaktadır. Asetat ve propiyonatın yanı sıra çoğu çalışma esas olarak bütiratın rolüne odaklanmaktadır. Bütiratın yaklaşık %70-80'i kolon hücreleri tarafından metabolize edilmekte ve böylece kolon hücresi büyümesini ve işlevini desteklemektedir. Ayrıca KZYA konakçının bağışıklık hücrelerinde TNF- α , IL-2, IL-6 ve IL-10 gibi sitokinlerin üretimini uyarak bağışıklık tepkisini artırabilmektedir (Liu vd., 2021). Bütirat, bağırsak epitel hücrelerinin birincil enerji kaynağıdır ve mitokondride β -oksidasyon yoluyla oksitlenmektedir. Bu katabolik süreç, insan kolonositleri tarafından oksijen tüketiminin %73 ile 75'ini temsil etmekte ve bütiratın bir kısmı keton cisimlerine dönüştürülmektedir. Bu nedenle bütirat ve diğer KZYA'lar, hem bağırsak hormon salgısını akut olarak uyarak hem de üretimlerini modüle ederek enteroendokrin hücre işlevlerinin önemli düzenleyicileridir. KZYA'lar, enteroendokrin alt popülasyon hücre sayılarını artırmakta ve gen ekspresyonunu düzenlemektedir. Bağırsak hormonlarının modülasyonları, KZYA'nın bağırsak homeostazı da dahil olmak üzere konak fizyolojisi üzerindeki birçok rolüne katılmaktadır (Martin-Gallausiaux vd., 2021).

Sindirilmeyen karbonhidrat bileşenlerinin mikrobiyotadaki bakteriler tarafından fermentasyonu sonucunda oluşan KZYA kolonositler için enerji kaynağı olmakla birlikte antiinflamatuvar, immünomodülatör ve antikarsinojenik etkileriyle sağlığı geliştirebilmektedirler (Peng vd., 2023).

KZYA'lar bağırsakta *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Akkermansia muciniphila*, *Clostridium butyricum*, *Faecalibacterium prausnitzii* gibi çeşitli bakteriler tarafından karbonhidrat ve proteinlerin sakkarolitik fermentasyonu yoluyla üretilmektedir (Ney vd., 2023). Pektin, β -glukanlar ve inülin gibi çözünür lifler bağırsak bakterileri tarafından selüloz ve lignin gibi çözünmeyen liflere kıyasla daha kolay fermente edilmekte ve sonuç olarak, daha fazla çözünebilir lif tüketmenin, özellikle asetat, propiyonat ve bütirat olmak üzere daha yüksek KZYA seviyelerine yol açması beklenmektedir (Kumar vd., 2020).

Diyetle alınan polisakkaritlerle mikrobiyal etkileşimler ve bunun sonucunda ortaya çıkan KZYA'lar önemli enerji ve sinyal molekülleridir. Bütirat üreten bakterilerin ve bütiratın kendi başına insan sağlığı için faydalı olabileceği giderek daha fazla kabul görmektedir. Ancak, yararlı etkilerin yalnızca bütirattan veya bu bakterilerden üretilen diğer metabolitlerle kombinasyonundan kaynaklandığı henüz netlik kazanmamıştır.

Bağırsak mikrobiyotasının safra asitleri ve amino asit türevleri gibi çeşitli metabolit sınıfları ürettiği ve bu metabolitlerin temel sinyal işlevlerine sahip olabileceği önemli bir konudur (Koh vd., 2016).

KZYA'nın insan sağlığına olan etkileriyle ilgili araştırmalar incelendiğinde bütiratın obezitedeki rolü, *in vitro* ve *in vivo* hayvan çalışmalarının yanı sıra insanlarda da incelenmiş ve gebeliğin 16. haftasında 205 kadının katıldığı bir çalışmaya göre, obez gebelerde bütirat üretim kapasitesi azalmıştır (Du vd., 2024).

Jia vd. (2016)'nin yaptığı çalışmada, *L. bulgaricus* ve *Str. thermophilus* eklenerek keçi sütü yoğurdu üretimi gerçekleştirilmiştir. Çiğ keçi sütü, fermente edilmiş keçi sütü yoğurdu ve *L. rhamnosus* eklenen keçi sütü yoğurtlarındaki KZYA miktarları gözlemlenmiştir. En yüksek toplam KZYA *L. rhamnosus* eklenen keçi sütü yoğurdunda gerçekleşirken, en az toplam KZYA ise fermente edilmiş keçi sütü yoğurdunda tespit edilmiştir. KZYA'ların sağlık üzerine olumlu etkilerinin bulunması nedeniyle diyetle alınmaları hastalıkların önlenmesi açısından önem arz etmektedir. KZYA'lar günümüzde ticari olarak da çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir.

Jang vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada ise hamile kadınlar için *L. plantarum* G72 suşunun folat, KZYA ve antimikrobiyal aktivite üretimi araştırılmıştır. KZYA'ların üretimini analiz etmek için *Lactobacillus* G72 15 saat boyunca 37°C'de %2 arabinoz içeren MRS besiyerinde inkübe edilmiştir. Sonuç olarak *L. plantarum* G72 suşu MRS besiyerinde 2162,20 formik asit, 11176,73 laktik asit, 1380,70 asetik asit, 82,81 propiyonik asit ve 340,99 mg/kg bütirik asit üretmiştir. Bu çalışmada izole edilen *L. plantarum* G72 hamile kadınlar için KZYA üretimi yoluyla potansiyel bir probiyotik suş olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda HPLC kromatografisi ile tespit edilen KZYA'ların, GI sistemde gıda kaynaklı patojenik bakterilere karşı korunmak için önemli bir rol oynaması sebebiyle endüstride kullanımının yaygınlaşması gerektiği önerilmiştir.

2.5.Manda Yoğurdu

Yoğurt sütün bakteriyel fermentasyonu ile üretilen bir süt ürünüdür. Fermente süt ürünleri arasında yoğurt, besleyici ve tüketiciler tarafından beğenilen duyu kaliteye sahip bir gıda olarak vurgulanmaktadır (Garcia-Burgos vd., 2020). Manda sütünden üretilen yoğurt; bileşenlere, canlı kültür türlerine ve işleme yöntemlerine bağlı olarak pürüzsüz, koyu kıvamlı ve taze asidik bir tada sahip fermente bir süt ürünüdür (Delikanlı ve Özcan, 2017). Yoğurt üretimi basit ve yerleşik bir teknoloji (fermentasyon) içermesine rağmen, LAB'nin gelişmesi için 42-45°C gibi nispeten yüksek sıcaklıklara uzun süre

maruz kalmayı gerektirmektedir (Abesinghe vd., 2022, Terzioğlu ve Bakırcı 2022). Buna ek olarak, yoğurt genellikle çok düşük pH, yüksek asitlik, yüksek sinerezis ve düşük su tutma kapasitesi gibi teknolojik sorunlara sahiptir ve bu da ürünün raf ömrü boyunca yapısını ve kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Abesinghe vd., 2020). Yoğurt ayrıca, sütteki başlatıcı kültürlerin enzimatik aktivitesi tarafından üretilen çeşitli sağlık yararları ile ilişkili olan γ -aminobütirik asit (GABA) içerir (Yalçınkaya vd., 2019; Gu vd., 2020). Yoğurttaki GABA içeriği protein, karbonhidrat ve yağ gibi sütteki besin maddelerine bağlıdır (Chen vd., 2018).

Dünya süt üretiminin %15'i manda kaynaklıdır (FAO, 2022). Ülkemizde genel olarak bölgelere göre manda sütünden kaymak ve peynir üretimi yapılmaktadır ancak süt üretiminin %0,2'si manda sütünden karşılanmaktadır (TÜİK, 2022).

Manda sütü yüksek yağ oranı, protein, koloidal kalsiyum ve yüksek kuru madde içeriği ile fermente süt ürünü üretmek için fonksiyonel özelliklere sahip süt olarak kabul edilmektedir (Khetra vd., 2022). Manda yoğurdunun ağı daha gözeneklidir ve inek yoğurduna göre daha fazla ve daha büyük yağ globülleri içerir (Nguyen vd., 2014). Manda yoğurdu ayrıca laktik kültürler tarafından daha yüksek asit üretim oranına, proteoliz derecesine ve lezzet gelişimine sahiptir (Yadav vd., 2018). Yüksek verim ve düşük sinerezise sahip manda yoğurdu elde etmek mümkündür ve yüksek kurumadde içeriği nedeniyle yoğurt üretimi için manda sütüne süt tozu veya hidrokolloid eklenmesine gerek yoktur (Khalifa ve Zakaria, 2019).

Manda sütünün kurumaddesi %17,2 civarındadır. Bu nedenle manda sütünden yapılan yoğurtlar sıkı ve düzgün bir yapıya sahip olmaktadır. Manda sütünde bulunan kazein misellerinin büyüklüğü ve miktarı inek sütüne göre daha fazladır. Bu sayede pıhtılaşma süresi daha kısa sürmektedir. Manda sütünün A vitamini miktarı da inek sütüne oranla daha fazladır ve bu nedenle rengi daha beyaz olmaktadır. Gerek sahip olduğu aromatik özellikleri gerek yapısal özellikleri göz önüne alındığında manda yoğurduna talep giderek artmaktadır. Son yıllarda manda yoğurduna probiyotik kültürler de eklenerek tüketiciler için daha sağlıklı bir gıda üretilmeye çalışılmaktadır (Murtaza vd., 2022).

Süt yağı, oluşan jellerin emülsifikasyonunda, lezzetinde ve doku gelişiminde önemli bir yere sahiptir. Düşük yağ içeriği viskoziteyi azaltabilmekte ve peyniraltı suyu sinerezini artırarak az yağlı yoğurdun görünümünü, yapısını, dokusunu ve ağızda bıraktığı hissi etkileyebilmektedir. Günümüzde manda sütü uygun süt bileşimi ve özellikleri nedeniyle daha fazla ilgi görmektedir. Hammadde olarak tam yağlı manda sütü

kullanılarak mozzarella peyniri ve yoğurt gibi çeşitli süt ürünleri üretilmektedir (Yang vd., 2014).

Manda yoğurdu besin profili ve teknik özellikleri nedeniyle fonksiyonel özelliklere sahiptir. Kan basıncının düşürülmesinde, diyabetin kontrol altına alınmasında, bağırsak kanserinin önlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Özmert Ergin vd., 2024).

Terzioğlu ve Bakırcı (2023) tarafından yürütülen çalışmada sağlık üzerindeki sayısız etkileri nedeniyle fonksiyonel gıda olarak nitelendirilen probiyotik meyveli yoğurt üretimi ile besin değeri açısından üstün bir ürün üretmek ve tüketiciye yeni bir ürün sunmak amaçlanmıştır. *L. bulgaricus* ve YC-350 ve *Str. thermophilus* klasik yoğurt kültürü kullanılarak üretilen manda yoğurtları ile *Str. thermophilus*, *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12, ve *L. acidophilus* LA-5 probiyotik kültür kullanılarak üretilen manda yoğurtları 14 günlük depolama süresince hem besin değeri hem de tekstürel ve duyuşal özellikler açısından detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yoğurt örneklerine farklı oranlarda muz ve şeker ilavesinin söz konusu özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, fizyokimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal ve mikroyapı özellikleri incelendiğinde, probiyotik ilave edilerek üretilen yoğurdun, probiyotik ilave edilmeden üretilen yoğurttan daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Nitekim elde edilen veriler doğrultusunda manda sütünden üretilen muzlu probiyotik yoğurtların beslenme açısından oldukça faydalı olabileceği düşünülmektedir. Çalışma sonucunda, muz ve şeker ilavesinin artan sinerezis nedeniyle daha büyük boşluk çapı ve sayısına neden olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda, manda sütünden üretilen yoğurtlara muz ve şeker ilavesinin besin değerini ve probiyotikleri desteklerken, mikroyapıda kısmi bozulmalara neden olduğu ortaya çıkmıştır. Depolama süresinin de besin değeri ve probiyotik mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmüştür.

Yapa vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada meyve veya meyve posası ilaveli fonksiyonel gıda üretimi amaçlanmıştır. Bu kapsamda son yıllarda inek sütüne alternatif olarak giderek artan bir talep gören manda sütü tercih edilmiştir. Manda sütüne probiyotik *L. rhamnosus* kullanarak bael meyve posası ilave edilerek probiyotikçe zenginleştirilmiş manda yoğurtları üretilmiştir. Araştırmada manda sütü yoğurdu, probiyotik manda sütü yoğurdu, %5 meyve içeren probiyotik manda sütü yoğurdu ve %10 meyve içeren probiyotik manda sütü yoğurdu olmak üzere 4 farklı örnek grubu hazırlanmıştır. 21 günlük depolama süresince *L. rhamnosus* ve bael meyve posası pH'yı değiştirmemiştir. *L. rhamnosus* ve bael meyve posası ile üretilmiş yoğurtlarda sinerezis azalmıştır. Her iki bael meyve özütü konsantrasyonu da probiyotik canlılığını 14 günlük depolamaya kadar

artmıştır. Bael meyvesi ekstraktı sadece %5'i probiyotik sayısını 21 günlük buzdolabında depolamaya kadar önemli ölçüde korunmuş, bu da %5 (w/v) *L. rhamnosus* GG ilavesinin daha yüksek probiyotik sağlamak için ideal bir oran olacağını göstermiştir. Bael meyve ekstraktının eklenmesi başta tat ve aroma olmak üzere duyu nitelikleri olumsuz etkilerken renk ve görünümü olumlu yönde etkilemiştir. Araştırma sonucunda, manda yoğurdunun *L. rhamnosus* ve bael meyve posası ile birlikte ideal bir matriks oluşturması ürün geliştirme için umut verici olmuştur.

Özmert Ergin vd. (2024) tarafından yürütülen çalışmada manda sütü yoğurdu üretiminde kitre sakızının 0,5, 1 ve 1,5 g/L oranlarında kullanılması araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda kitre sakızı içeren yağsız manda sütü pastörize edilmiş ve 45 °C'de soğutulduktan sonra her örneğe yoğurt başlatıcı kültürü eklenmiştir. Tüm örnekler pH 4,80 olacak şekilde fermente edilmiştir. Asitlik, kurumadde, su tutma kapasitesi, organik asitlerin ve uçucu aroma bileşiklerinin kütle fraksiyonları, TMAB, maya ve küf, *Lactococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp. sayılarının yanı sıra duyu ve dokusal özellikler 15 günlük depolama süresince belirlenmiştir. Titrasyon asitliği 15. günde %1,45 olarak en yüksek %0,5 kitre zımkı ilaveli örnekte tespit edilmiştir. Kurumadde en yüksek %1 kitre zımkı içeren örnekte 15. günde %16,01 ve su tutma kapasitesi de yine aynı örnekte en yüksek %78 olarak tespit olarak belirlenmiştir. Araştırmalar, farklı oranlarda stabilizatör kullanımının, endüstriyel üretimin bir yan ürünü olan yağsız manda sütünden yapılan yoğurdun kalitesini artırdığını göstermiştir.

2.6. İnülin ve Yoğurda İnülin İlavesi

İnülin kuru halde amorf toz olarak bulunur ve kokusuzdur. İnülinin kristal yapısı küreseldir ve ortalama molekül ağırlığı 5600-6300 g mol⁻¹ arasında değişmektedir (Wan vd., 2020). İnülin suyun donma noktasını düşürebilmekte ya da kaynama noktasını yükseltebilmektedir (Franck, 2002).

İnülin, değişken sayıda fruktoz biriminden oluşan yapıya sahip fruktan tipi bir bitki polisakkaritidir. Fruktoz birimleri β -(2→1)-D-fruktosil-fruktoz bağı ile birbirine bağlanmaktadır. Genellikle, bir α -(1→2) bağı ile bağlanan terminal D-glukopiranozil kalıntısı içermektedir (Hegab vd., 2021; Moghiseh vd., 2021). İlk olarak 1804 yılında Valentine Rose tarafından kompozit bitkisi *Inula helenium*'un köklerinden izole edilmiş ve 1817 yılında Thomson tarafından inülin olarak adlandırılmıştır. İnülin doğada depo karbonhidratı şeklinde yaygın olarak bulunur ve hindiba, yer elması gibi 30.000'den fazla bitkide tespit edilmiştir (Wan vd., 2020). İnülin ayrıca bazı bakteri ve mantarlar tarafından

da üretilmektedir (Mensink vd., 2015). Yüksek inülin içeriği nedeniyle, hindiba bitkisi inülin endüstriyel üretimi için hammadde olarak kullanılmaktadır (Kutlu, 2018).

Son 10 yılda yapılan araştırmalar inülinin iyi biyouyumluluk, geniş biyoaktivite yelpazesi ve uygun kimyasal özelliklere sahip umut verici doğal besin maddesi olarak değerini göstermektedir. İnülin ucuzdur ve kolayca temin edilebilmektedir. İnülin sadece gıdanın tadını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda kan şekeri ve kan yağını düşürme, antikanser, bağırsak mikrobiyal florasını düzenleme, mineral ve vitamin emilimini teşvik etme gibi çeşitli fizyolojik işlevlere de sahiptir (Kaur ve Gupta, 2002). Avrupa Birliği ülkelerinde doğal bir gıda bileşeni olarak kabul edilmektedir. Gıda ve ilaçla ilgili endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

İNülin prebiyotik kaynağı olarak bilinmektedir. Prebiyotikler, belirli doğal bakterilerin aktivitesini ve büyümesini seçici olarak teşvik ederek konakçı üzerinde faydalı etkiler yaratan sindirilemeyen diyet takviyeleri olarak tanımlanmaktadır. Prebiyotiklerin insan bağırsak sağlığı, bağışıklık sistemi, mineral emilimi ve kilo yönetiminde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Roberfroid vd., 2010).

İNülin gibi galaktooligosakkaritler (GOS) ve FOS'lar bağırsak mikrobiyota dengesinin ve insan sağlığının iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu polisakkaritler, bağırsak mikrobiyotası için fermente edilebilir substratlar olarak görev yaparak bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve bağırsak bariyer fonksiyonunu uyararak patojenlerin bağırsakta tutunmasını önlemektedir.

Yeni fonksiyonel gıdaların sürekli olarak geliştirilmesi, gıdaların sağlık ve yaşam kalitesini artırmadaki rolü konusunda artan tüketici bilincine bilim ve endüstrinin verdiği yanıttır. Hem prebiyotik hem de probiyotik içeren ürünler 'simbiyotik' olarak adlandırılmaktadır. Simbiyotikler, sağlığı geliştiren fonksiyonel gıda bileşenleri üretmek için probiyotiklerin ve prebiyotiklerin etkilerinin bir kombinasyonudur. Prebiyotikler, konakçının sağlığı üzerinde faydalı bir etkiye sahiptir ve kolondaki sınırlı sayıda bakterinin gelişmesini ve/veya aktivitesini seçici olarak uyarıcı bileşenlerdir (Bizzarri vd., 2021; Altın ve Yılmaz, 2023). Diyet lifinin insan beslenmesindeki faydalı rolü, yeni liflerin gıdalara dahil edilmesine yönelik talebin artmasına yol açmıştır (Başyigit Kılıç ve Akpınar, 2013; Noguera-Fernández vd., 2024).

Yoğurt probiyotik ve prebiyotiklerin eklenmesi ile işlevsel hale getirilebilir. İnülinin prebiyotik olarak sağlığa fayda sağlayan özellikleri yoğurt gibi süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda, dondurma ve yoğurt gibi süt

ürünlerinin üretiminde stabilizatör olarak çözünür diyet lifi ve inülin kullanımına yönelik talep artmaktadır (Samakradhamrongthai vd., 2021; da Silva Faresin vd., 2022).

Hindiba köklerinden elde edilen inulinin yoğurda eklenmesiyle yoğurdun yapısal ve mikro yapısal özelliklerinin iyileştiği gözlenmiştir (El-Kholy vd., 2020). Bununla birlikte yoğurda fazla inulin eklenmesinin yoğurdun kalitesini olumsuz yönde etkilediği, viskozitenin azalmasına ve sinerezisin artmasına neden olduğu belirtilmektedir (Gnanarathna vd., 2022). İnulinin peyniraltı suyu gibi proteinlerle birlikte kullanılmasının yoğurdun yapısal özelliklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Zhou vd., 2024).

Asarat vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada yağsız sütte bifidobakteri ve laktobasil fermentasyonu sonrasında inülin ilavesinin KZYA üzerindeki etkisi araştırılmış, inülin ilave edilen fermente ürünlerde KZYA artışının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Balthazar vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada yoğurt örneklerine %2 ve 6 oranlarında inülin eklenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre farklı konsantrasyonlardaki inülin ilavesinin LAB sayılarında herhangi bir farklılık yaratmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca inülin konsantrasyonları pH'yı etkilememiştir ancak % laktik asit inülin miktarı arttıkça azalmıştır. Viskozitedeki değişim inülin oranındaki artışla birlikte artmıştır.

Stijepić vd. (2023)'nin yaptığı çalışmada yoğurda inülin ve bal ilave edilmiştir. İnülin ve bal eklenen yoğurt örneklerinin fermentasyon hızı, viskozite, sinerezis, mikrobiyolojik özellikleri ve mikroyapısı 21 günlük depolama süresi boyunca incelenmiştir. %1 inülin eklenen, %1,5 yağlı inek sütüne, 95°C'de 10 dakika ısıtma işlemi uygulanmıştır. 55°C'ye soğutulduktan sonra, %2 ve 6 konsantrasyonlarında bal eklenmiştir. Ayrıca, hiçbir katkı maddesi içermeyen bir kontrol örneği de üretilmiştir. Numunelere karışık probiyotik kültür (*Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* ssp.) eklenerek 37°C'de, pH 4,6'ya ulaşana kadar inkübe edilmiştir. pH, laktik asit içeriği, viskozite ve sinerezis 1., 7., 14. ve 21. günlerde izlenmiş, bakterilerin sayısındaki değişiklik ise 1. ve 21. günlerde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, inülinin fermentasyon sürecini hızlandırdığını, bal eklenmesinin ise fermentasyon süresini daha da kısalttığını göstermiştir. Ayrıca, inülin ve balın sinerjik etkisi, depolama sırasında kontrol örneğine kıyasla serum ayrışmasını önemli ölçüde azaltmış, ancak viskozitedeki değişiklik üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır. Öte yandan, inülin ve balın probiyotik bakteri sayısı üzerindeki olumlu etkisi de gösterilmiştir. Sonuçlar, bal konsantrasyonunun artırılmasıyla yoğurtta daha ince ve daha çapraz bağlı bir yapının elde edildiğini, ayrıca protein zincirlerinin daha iyi yoğunlaştığını göstermiştir. Bu şekilde, sinerezisin azaldığı

ve viskozitenin ise daha az artığı gözlemlenmiştir. Genel olarak, inülin ile bal kombinasyonunun probiyotik başlatıcı kültür kullanımı ile üretilen yoğurtlarda daha iyi fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve reolojik özellikler tespit edilmiştir.

Dara vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada yoğurda farklı oranlarda inülin ilave edilerek yoğurdun organoleptik kalitesi ve fizikokimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Çalışmada yoğurda %3, 5 ve 7 oranlarında inülin ilave edilmiş ve inülin ilave edilmeyen kontrol grubu yoğurt üretilmiştir. Organoleptik test sonuçları, renk ve doku açısından en çok tercih edilen yoğurdun inülin eklenmemiş yoğurt olduğunu göstermiştir. Aroma ve tat açısından ise en çok tercih edilen yoğurt %7 oranında inülin ilave edilen grup olarak belirlenmiştir. Yoğurdun renk, aroma, doku ve tat özelliklerinde tüm uygulamalarda fark olmadığı tespit edilmiştir. İnülin eklemenin organoleptik kalite üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir. %7 inülin eklenen yoğurdun pH seviyesi, laktik asit içeriği artarken, toplam LAB sayısı azalmıştır.

Singh vd. (2024)'nin yaptığı çalışmada yüksek kaliteli keçi yoğurdu üretimi için süt proteini kaynağı olarak süt tozu/peyniraltı suyu protein konsantresi (%0.25–0.75w/v), inülin (%1–2w/v) ve bal (%4–6w/v) keçi yoğurduna eklenmiştir. Sonuçlar uygulamanın toplam kurumadde (%), pH, titrasyon asiditesi [(LA) % ağırlık olarak], viskozite (m.Pa·s), üzerinde önemli etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Optimum koşullar süt proteini kaynağı olarak süt tozu/peynir altı suyu protein konsantresi oranı %0,36w/v, inulin oranı %1,00w/v ve bal oranı %6,00 w/v olarak belirlenmiştir. Toplam kurumadde, pH, titrasyon asitliği, viskozite, için optimum değerler sırasıyla 22,03, 4,46, 0,77 ve 182,30 olarak tespit edilmiştir.

Fang vd. (2024) yaptığı çalışmada ise soya yoğurtlarına *L. plantarum* eklendiğinde, inülin oranı %3'ten %9 (wt/vol)'a yükseldikçe soya yoğurtlarının rengi altın sarısı olmuş ve viskozite önemli ölçüde artmıştır. İnülin %6 oranında eklendiğinde, soya yoğurdu en üstün su tutma kapasitesine (%72,46), yoğun ve homojen protein jel mikro yapısı optimum genel kabul edilebilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Soya sütüne %6 inülin eklenerek ve %3 LAB karışımı (*L. bulgaricus*: *Str. thermophilus* = 1:4, w/v) ve %0,04 *L. plantarum* aşılansarak hazırlanan soya yoğurdu en iyi genel kabule sahip olmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada 16s rRNA dizi analizi ile genetik tanısı gerçekleştirilmiş ve bazı probiyotik özellikleri belirlenmiş *L. plantarum* AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşları kullanılmıştır (Başyigit, 2004; Başyigit Kılıç ve Karahan, 2010; Başyigit Kılıç vd., 2013). Kültürler %15'lik gliserol içerisinde -20°C'de muhafaza edilmiştir. Yoğurt üretiminde kullanılan manda sütü ve %60 *Str. thermophilus*, %30 *L. bulgaricus*, %10 *L. delbrueckii* subsp. *lactis* suşlarını içeren başlatıcı yoğurt kültürü (Micromilk, İtalya) üniversitemiz Süt Ürünleri ve Teknolojileri Uygulama Araştırma Merkez Müdürlüğü bünyesindeki süt işletme tesisinden, inülin Artisan Orafit (Belçika) şirketinden temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. *L. plantarum* Suşlarının ve Manda Yoğurtlarında Aroma Bileşenleri ve KZYA'ların Belirlenmesi

L. plantarum suşlarının KZYA üretiminin belirlenmesi Jang vd. (2021)'nin yönteminden uyarlanarak yapılmıştır. Bu amaçla MAKÜ, Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (BİLTEKMER)'nden hizmet alımı yapılmıştır. MAKÜ BİLTEKMER'de yapılan analizde Agilent 7697A Headspace Agilent 7890A GC 5975C MS cihazları kullanılmıştır ve numune hazırlığı için 4 g/ml numune alınarak headspace sistemine enjekte edilmiştir.

Yapılan analizde *L. plantarum* AA1-2, *L. plantarum* AB20-961, *L. plantarum* AB6-25, *L. plantarum* AB16-65, *L. plantarum* AC18-81 ve *L. plantarum* AK4-11 suşlarında KZYA üretimin belirlenmesi için dondurulmuş stok kültürden %1 oranında 10 ml MRS sıvı besiyerinde inoküle edildikten sonra 37 °C'de 18 saat inkübe edilmiştir. İnkübe edilen kültürlerden 2 paralelli olacak şekilde 4 g/ml numune şişelere eklenerek kapakları sıkıca kapatılmıştır. Yapılan analizde bütirik asit, asetik asit, asetaldehit, etanol ve diasetil miktarları mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Analiz metodu:

Kolon Sıcaklık Programı; 35°C'de 5 dakika bekledikten sonra dakikada 50°C'lik artışla 150°C'ye ulaşılmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmiştir.

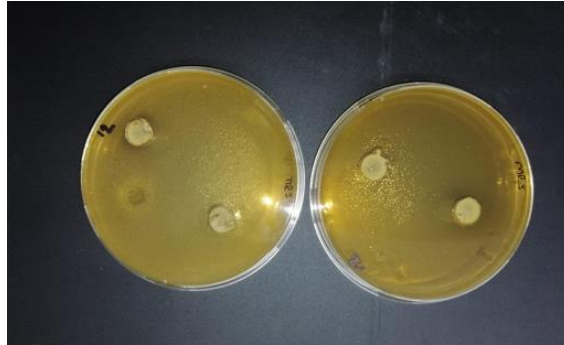
Dedektör ve enjektör sıcaklığı: 200°C ve 180°C

Akış hızı: 25 psi (He)
İğne: 90°C
Transfer hattı: 120°C
Fırın: 85°C
Isıtma hattı: 120°C
Isıtma süresi: 5 dakika
Basınçlandırma süresi: 0,5 dakika
Enjektör süresi: 0,08 dakika
Geri çekilme süresi: 0,5 dakika

3.2.2. Bakterilerin Antagonistik Etkisinin Belirlenmesi

L. plantarum AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşlarının birbirlerine karşı antagonistik etkisi agar difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Sterilize edilen ve soğutulan %0,7 agar içeren 8 ml yumuşak MRS agar besiyerine McFarland ile ayarlanmış kültürden 100 µl eklenmiştir. Donmuş MRS agarın üzerine yumuşak agar döküldükten sonra kuyucuklar açılmıştır. Açılan kuyucuklara 50 µl aktifleştirilen kültürden eklendikten sonra 37°C’de 24 saat inkübe edilmiş ve oluşan inhibisyon zonlarının çapı (mm) kumpasla ölçülmüştür (Andersson vd., 1988).

Şekil 3.1’te antagonistik etkinin belirlenmesine ait görsel sunulmuştur.



Şekil 3.1. Antagonistik etkinin belirlenmesi

3.2.3. Yoğurt Üretiminde Kullanılacak Kültürün Hazırlanması

Dondurulmuş stok kültürden %1 oranında 10 ml MRS sıvı besiyerine iki pasaj aktifleştirme yapılarak ve 37 °C’de 18 saat inkübe edilmiştir. Son üründe 10⁸ KOB/g aralığında olacak şekilde MRS besiyerinde kültür geliştirilmiş ve 4000 rpm’de 10 dakika soğutmalı santrifüj ile pellet haline getirilmiştir. Pelletler ringer çözeltisi ile 2 defa

yıkanmıştır. Elde edilen pelletler steril bir falkonda toplanmış üzerine 10 ml skim milk ilave edilerek kullanıma hazırlanmıştır (Karadağ vd., 2022).

Şekil 3.2’de suşların pelletlenme aşaması görseli sunulmuştur.



Şekil 3.2. Suşların pelletlenme aşamaları

3.2.4. Yoğurt Üretimi

Yoğurt üretiminde çalışmamızda KZYA miktarları ve aroma bileşenleri belirlenmiş 6 adet suş arasından KZYA üretim özelliğine göre seçilen *L. plantarum* AA1-2 suşu kullanılmıştır. Çalışmada kontrol ve deneme grupları olmak üzere dört farklı şekilde yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Yoğurt üretimi Başyigit Kılıç ve Akpınar (2016)’a göre yapılmıştır.

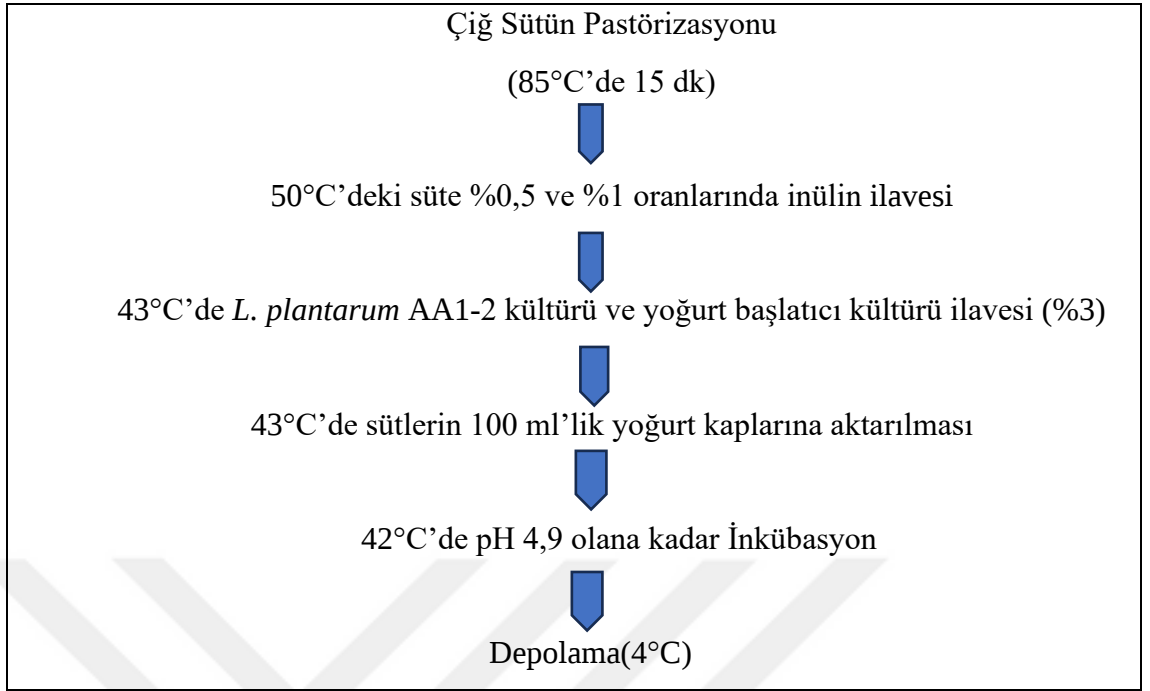
Kontrol grubu (K1): Yoğurt başlatıcı kültürü (%3)

Kontrol grubu (K2): Yoğurt başlatıcı kültürü (%3) + *L. plantarum* AA1-2 suşu (10^8 log KOB/ml)

Deneme grubu (D1): Yoğurt başlatıcı kültürü (%3) + *L. plantarum* AA1-2 suşu (10^8 log KOB/ml) + %0,5 inülin (Artisan Orafit, Belçika)

Deneme grubu (D2): Yoğurt başlatıcı kültürü (%3) + *L. plantarum* AA1-2 suşu (10^8 log KOB/ml) + %1 inülin

Yoğurt üretimi akım şeması Şekil 3.3’te belirtilmektedir.



Şekil 3.3. Yoğurt Üretimi Akım Şeması

Şekil 3.4'te manda yoğurtlarının üretim aşamasına ait görseller sunulmuştur.



Şekil 3.4. Manda yoğurdu üretim aşaması

3.2.5. Manda Sütü ve Yoğurtların Fizikokimyasal Analizleri

3.2.5.1. Titrasyon Asitliği Tayini

Karıştırılarak homojenize edilmiş numuneden 100 ml'lik bir erlen içine 10 g tartılmış ve üzerine kaynatılıp 40°C ye kadar soğutulmuş saf sudan 10 ml ilave edilerek, bir cam baget ile ezilip karıştırılmıştır. Fenolftalein çözeltisinden 0,5 ml eklenerek 0,1 N

NaOH çözeltisi ile yaklaşık 30 saniye kaybolmayan pembe renk meydana gelinceye kadar titrasyon yapılmıştır. % laktik asit cinsinden hesaplama yapılmıştır (TS, 1330).

3.2.5.2. pH Tayini

Manda sütlerinde pH ölçümleri pH metre cihazı (Mettler Toledo, İsveç) ile ölçülmüştür (Anonim, 1983).

3.2.5.3. Toplam Kurumadde Tayini

Yoğurt örneklerinden 5 gr alınarak, 105°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş numune kabı içerisinde etüvde kurulmuştur. İşlem sonunda % kurumadde miktarı hesaplanmıştır (Anonim, 1983).

3.2.6. Manda Yoğurtlarının Mikrobiyolojik Analizleri

Manda sütü yoğurdundan 10 g örnek tartılmış 90 ml ringer çözeltisi ile dilüe edildikten sonra seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Harrigan, 1998; Başyigit, 2004). Dilüsyonlardan 0,1’er ml örnek yayma kültür yöntemiyle; Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyerine, maya ve küf tespiti için Potato Dekstroz Agar (PDA)’a, koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA)’a ve LAB sayımı için ise de Man, Rogosa Sharpe (MRS) agara ekim yapılmıştır. TMAB için 30°C’de 72 saat, maya-küf 25°C’de 5-7 gün, koliform bakteri için 37°C’de 24 saat, LAB için 37°C’de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. Besiyerlerinde 20-300 koloni bulunduran dilüsyonlardan sayım yapılmıştır (Patır vd., 1995; Feng vd., 2002; Halkman, 2005).

3.2.7. Manda Yoğurtlarında Su Salma Miktarı

Su salma miktarı Doleyres vd. (2005)’nde belirtilen metoda göre yapılmıştır. 15 g örnek tartılarak 5000 x g’de 10 dakika santrifüj edilmiş, süpernatant kısmı alınarak tartım yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Su salma miktarı (\%)} = \left(\frac{S_a}{Y_a} \right) \times 100$$

Sa: Süpernatant ağırlığı

Ya: Yoğurt ağırlığı

3.2.8. Manda Yoğurtlarında Viskozite Tayini

Viskozite ölçümleri viskozimetre (Model RVDV-II, Brookfield Engineering Laboratories, UK) ile 10'dan 100'e 10'ar rpm artırılarak tamamlanmıştır. 4°C'de depolama sıcaklığında yapılan ölçümler sırasında 30. saniyedeki cp değerleri kaydedilmiştir.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Araştırma 2 tekerrürlü ve analizler 2 paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda gruplar arasındaki farklılıklar SPSS 25 programında (SPSS Inc., Chicago, ABD) tek yönlü varyans analizi (ANOVA) tekniği ile tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak önemli bulunan gruplar ve depolama günleri arasındaki farklılıklar ise Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir. İstatistiksel anlamlılık % 95 güven düzeyinde tespit edilmiş ($p < 0,05$) ve sonuçlar, standart hata ile birlikte verilmiştir ($\pm$ standart hata). araştırma 2 tekerrürlü ve analizler 2 paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. *L. plantarum* Suşlarının Aroma Bileşenleri ve KZYA Analiz Sonuçları

Çizelge 4.1’de suşlarda belirlenen aroma bileşenleri ve KZYA analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Suşlarda Belirlenen Aroma Bileşenleri ve KZYA Analiz Sonuçları
(mg/kg)

Bileşen	<i>L. plantarum</i> AA1-2	<i>L. plantarum</i> AB6-25	<i>L. plantarum</i> AB16-65	<i>L. plantarum</i> AB20-961	<i>L. plantarum</i> AC18-81	<i>L. plantarum</i> AK4-11
Asetaldehit	0,22±0,03 ^a	0,02±0,01 ^c	0,04±0,06 ^c	0,13±0,05 ^b	0,02±0,01 ^c	0,02±0,01 ^c
Etanol	54,20±1,6 ^a	4,02±0,24 ^b	2,35±1,15 ^b	44,8±2,08 ^a	5,59±0,21 ^b	1,43±0,08 ^b
Diasetil	0,69±0,05 ^a	0,05±0,01 ^c	0,44±0,01 ^b	0,66±0,04 ^a	0,07±0,01 ^c	0,01±0,01 ^c
Asetoin	0,31±0,05 ^e	1,85±0,015 ^b	2,65±0,13 ^a	1,26±0,03 ^c	0,80±0,18 ^d	0,61±0,07 ^d
Asetik asit	2020±0,01 ^a	500±0,03 ^b	200±0,01 ^b	500±0,01 ^b	600±0,01 ^b	300±0,01 ^b
Bütirik asit	4400±0,08 ^a	100±0,03 ^b	400±0,05 ^b	500±0,01 ^b	300±0,01 ^b	300±0,01 ^b

^{a-e}: Aynı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05).
Sonuçlar ±standart hata ile verilmiştir.

Yapılan çalışmada asetaldehit miktarı 0,02 ile 0,22 mg/kg arasında belirlenmiştir. En yüksek asetaldehit değerleri *L. plantarum* AA1-2 ve *L. plantarum* AB20-961 suşlarında sırasıyla 0,22 ve 0,13 mg/kg olarak tespit edilmiştir. İncelenen suşların etanol miktarı 1,43 ile 54,20 mg/kg değerleri arasında belirlenmiş ve *L. plantarum* AA1-2 ile AB20-961 (p<0,05). Suşlarda diasetil 0,01 ve 0,69 mg/kg aralığında belirlenmiştir. *L. plantarum* AA1-2 ve AB20-961 suşlarının diasetil miktarının benzer ve diğer suşlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Asetoin miktarı 2,65 mg/kg olarak en yüksek *L. plantarum* AB16-65’te, en düşük 0,31 mg/kg değerle *L. plantarum* AA1-2’de belirlenmiştir. KZYA’nden asetik asit 2020 mg/kg ile diğer *L. plantarum* suşlarına oranla *L. plantarum* AA1-2’de daha yüksek oranda tespit edilmiş olup (p<0,05), 200 ile 2020 mg/kg değerleri arasında belirlenmiştir. Bütirik asit 100 ile 4400 mg/kg arasında, en yüksek *L. plantarum* AA1-2 suşunda belirlenmiştir (p<0,05). İncelenen suşlar arasında asetik ve bütirik asit üretimi en yüksek olan ve organik asit üretimi açısından yoğurt üretimi için uygun olan *L. plantarum* AA1-2 suşu manda yoğurtlarına eklenecek kültür olarak seçilmiştir.

Yoğurdun karakteristik özelliklerinde önemli rol oynayan asetaldehit, diasetil, asetoin, asetik asit, bütirik asit ve hekzanoik asit olarak belirlenmiştir (Elmas ve Yüceer, 2024). Kültürlere ait çizelge 4.1’de verilen değerlere bakılarak yoğurt üretiminde yoğurda karakteristik lezzetini veren asetaldehit, diasetil ve asetoin değerleri ile KZYA olan bütirik ve asetik asit değerleri incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan suşların bazı probiyotik ve teknolojik özellikleri aşağıda belirtilen çalışmalarla daha önce belirlenmiştir.

Başıyigit Kılıç vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada hardaliye üretiminde kırmızı üzüm ve *L. plantarum* AK4-11’in hardaliyeye etkisi araştırılmıştır. Kırmızı üzümün hardaliyenin fenolik madde içeriğini, renk yoğunluğunu ve kırmızılık değerini artırdığı ve % kurumadde değerini düşürdüğü ayrıca *L. plantarum* AK4-11 ve karanfil kullanımının LAB sayısında 1 logaritmik artış sağladığı belirlenmiştir.

Soyuçok (2016) tarafından yapılan çalışmada incelenen *L. plantarum* suşları içerisinde AC10-40, AB16-65, AC21-1031, AK4-11, AK6-27 ve BK10-48 suşlarının yüksek EPS ve biyokütle üretimine sahip olduğu ayrıca moleküler tekniklerle de bir EPS geni içerdiği belirlenmiştir.

Özer vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada *L. plantarum* AA1-2 ve AB20-961 suşları konjuge linoleik asit (KLA) üretme yeteneklerini belirlemek için *in vitro* olarak taranmıştır. Yapılan çalışma bu suşların yüksek düzeyde KLA ürettiğini göstermektedir (Özer vd., 2016).

Başıyigit Kılıç ve Akpınar Kankaya (2016)’nın yaptığı çalışmada *L. plantarum* AB6-25, AC18-82 ve AK4-11 suşlarının kombinasyonunu içeren yağsız yoğurdun mikrobiyolojik, fizikokimyasal, aroma ve organik asit özellikleri 4 °C’de 21 günlük depolama süresi boyunca incelenmiştir. Deneme grupları olarak %0,25, 0,5, 1 ve 1,5 β-glukan, ticari kültür ve probiyotik kombinasyonu içeren yoğurt örnekleri ticari kültür, ticari kültür+probiyotik kombinasyonu, ticari kültür+*L. acidophilus*+ %2 inülin içeren üç kontrol ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar β-glukanın laktobasillerin canlılığını desteklediğini göstermiştir. Bununla birlikte, β-glukan ilavesi daha fazla sinerezis ile sonuçlanmıştır. Genel olarak, %0,25 β-glukan kullanımının pH, yağ, protein ve organik asit üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, %0,25 β-glukan kullanımının probiyotik kombinasyonu ile üretilen yağsız yoğurdun özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını göstermiştir. *L. plantarum* AB6-25, AC18-82 ve AK4-11 kombinasyonu ile üretilen örneklerde canlılık 7,63-8,77 log KOB/g olarak

belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca *L. plantarum* suşlarının canlı kaldığı tespit edilmiştir.

LAB, fermentasyon sırasında asetaldehit, diasetil, asetoin, etanol, asetik asit ve karbondioksit gibi aroma bileşenleri ile birlikte laktik asit üretmektedir (Palamutoğlu ve Baş, 2020).

Han vd. (2018) yaptığı çalışmada piliçlerin sindirim sisteminde enkapsüle edilmiş *L. plantarum* ve *Clostridium butyricum*'un KZYA miktarları tespit edilmiştir. Bazal diyet, bazal diyet+*C. butyricum*, bazal diyet+mikroenkapsüle *L. plantarum*, bazal diyet+*C. butyricum*+mikroenkapsüle *L. plantarum*, bazal diyet+aureomisin olmak üzere 4 farklı grup üzerinde çalışılmıştır. 21. gün ve 42. günde asetik asit ve bütirik asit değerleri tespit edilmiştir. En yüksek asetik asit miktarı 21. günde bazal diyet + mikroenkapsüle *L. plantarum* örneğinde 5,37 mg/kg olarak, en düşük değer ise yine 21. günde bazal diyet uygulanan örnekte 4,06 mg/kg olarak tespit edilmiştir. En yüksek bütirik asit bazal diyet+*C. butyricum*+mikroenkapsüle *L. plantarum* örneğinde 21. günde 2,24 mg/kg olarak, en düşük 42. günde bazal diyet uygulanan örnekte 1,08 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, 21. günde bazal diyet+mikroenkapsüle *L. plantarum* grubundaki asetik asit ve dışkı sindirim sistemi seviyelerinin bazal diyet olan kontrol grubuna göre önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Bazal diyet+*C. butyricum* grubundaki piliçlerin kontrol grubundaki piliçlere kıyasla daha yüksek asetik asit seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Jang vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada %2 arabinoz ilave edilmiş MRS sıvı besiyerinde *L. plantarum* G72 suşunun asetik asit ve bütirik asit üretimleri 1380,70 ve 340,99 mg/kg olarak bulunmuştur.

Kang vd. (2021)'in araştırmasında 90 °C'de 30 dk ısıtma işlemi uygulanmış *L. plantarum* MG989 suşunun asetik asit içeriği 628,4 mg/kg, bütirik asit içeriği ise 0,93 µg/g olarak bulunmuştur.

Aiello vd. (2023)'in araştırmasında ise MRS sıvı besiyerinde *L. plantarum* FP37, FP38 ve FP48 suşlarının bütirik asit içerikleri 12,91, 10,50 ve 16,75 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Zhou vd. (2024) tarafından bütirik asidin vücut sağlığının korunmasında önemli bir rol oynaması nedeniyle bütirik asit üretimi için uygun maliyetli ve verimli biyolojik dönüşüm stratejileri üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada bütirik asit üretme miktarını arttırabilmek amacıyla *Clostridium tyrobutyricum* ve *L. plantarum* C0502 ile ksilan bir arada kullanılmış ve 5,01 g/L'ye kadar bir bütirik asit üretimi sağlamıştır. Bu

çalışmanın sonuçları, ksilanın, *L. plantarum*'un ve *C. tyrobutyricum*'un bütirik asit üretimini önemli ölçüde artırma ve üretim maliyetini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Han vd. (2024) tarafından yürütülen çalışmada *L. plantarum* L11'in evcil hayvan bağırsaklarında sağlığa olan faydalarını incelemek amaçlanmıştır. 12 kedi üzerinde yapılan çalışmada kontrol grubu ve 10^9 KOB/kg yem verilen grup olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Asetik asit kontrol grubunda 1,57, probiyotik içeren grupta 1,27, propiyonik asit kontrol grubunda 0,59 probiyotik içeren grupta 0,39, bütirik asit kontrol grubunda 0,25 probiyotik içeren grupta 0,28 mg/kg olarak belirlenmiştir. Propiyonik asitte azalma görülmüş ancak diğer KZYA'larda genel olarak artış olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucu *L. plantarum* L11'in kedilerin bağırsak durumunu iyileştirmek için iyi bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

Bu çalışma sonuçlarına göre *L. plantarum* suşları arasında asetik asit ve bütirik asit üretme potansiyeli en yüksek olan *L. plantarum* AA1-2 suşu tercih edilerek üretim gerçekleştirilmiştir. Yoğurda karakteristik aromasını veren asetaldehit, etanol, diasetil, asetoin ve asetik asit sonuçları değerlendirildiğinde; *L. plantarum* AA1-2 suşunun asetik asit miktarının da diğerlerinden fazla olması KZYA üretimi için tercih edilebilir olmasını sağlamıştır.

4.2. Bakterilerin Antagonistik Etkilerinin Sonuçları

L. plantarum AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşlarının birbirlerine karşı antagonistik etkisi agar difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda *L. plantarum* suşlarının birbirine karşı antagonistik etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Liu vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada *L. plantarum* ve *S. cerevisiae* arasındaki mikrobiyal etkileşim yani antagonistik etki araştırılmıştır. Çalışmada *L. plantarum* hücreleri *S. cerevisiae* gelişimini inhibe ederken (inhibisyon oranı ~%80) kendi çoğalma modeli etkilenmemiştir.

Albayrak Karaoğlu (2025) tarafından yapılan çalışmada 5 adet bakterinin birbirlerine karşı antagonistik etkileri incelenmiştir. *L. paracasei* P123A ile *L. plantarum* P414A arasında 0,75 mm çapında, *L. plantarum* P414A ile *Lpb. plantarum* P323A arasında 0,80 mm çapında, *L. plantarum* inhibisyon zonu ölçülmüştür. Diğer bakteriler arasında zon oluşumu tespit edilmemiştir.

4.3. Manda Sütü Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.2.'de Manda sütüne ait fizikokimyasal analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Manda sütüne ait fizikokimyasal analiz sonuçları

Analizler	Manda sütü
pH	6,72±0,03
Laktik asit (%)	0,19±0,21
Kurumadde (%)	18,20±0,09

Manda sütünün pH'sı 6,72 olarak ölçülmüştür. Manda sütünün % laktik asit miktarı 0,19 olarak belirlenirken, % kurumadde miktarı 18,20 olarak belirlenmiştir.

Okumuş vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada yağ oranı standardize edilmiş inek sütü, manda sütü ve bu sütlerin %0, 25, 50, 75 ve 100 kombinasyonları kullanılarak kaşar peyniri üretilmiştir. Çalışmada en iyi sonuçlar %100 manda sütü ile üretilen kaşar peynirinde belirlenmiştir. Manda sütü bileşenleri kurumadde oranı 169, laktoz 48, yağ 72, protein 42 ve kül 8 g/kg olarak belirlenmiştir.

Terzioğlu vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise manda, deve, inek, keçi ve koyun olmak üzere farklı süt türlerinin toplam kurumadde, yağ, protein, kül, titrasyon asitliği ve pH değerleri belirlenmiştir. Erzurum ilinden toplanan manda sütlerinin sonuçlarına göre; kurumadde %17,34, yağ %7,47, protein %4,08, kül %0,83, titrasyon asitliği 0,21 ve pH değeri 6,64 olarak tespit edilmiştir.

Şanlı ve Coşkun (2023) tarafından yürütülen çalışmada toplamda 462 süt örneği analiz edilerek Düzce'de yetiştirilen 30 Anadolu mandası sütlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve bu özelliklerde laktasyon boyunca meydana gelen değişimler incelenmiştir. Manda sütü örneklerinin genel ortalama kuru madde oranı %15,74, yağ oranı %6,49, protein oranı %4,30, laktoz oranı %5,40, pH'sı 6,72 olarak bulunmuştur. Manda sütlerinin kuru madde değerleri laktasyonun sonlarında yüksek çıkmıştır.

Literatürde verilen sonuçlar ile çalışmamızdaki sonuçlar uyumludur. Manda sütünün bileşimi çevre koşulları, besleme, yetiştirme, ırk, melez tipi, mevsim, laktasyon sayısı ve laktasyon dönemi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Okumuş, 2019).

4.3. Yoğurt Analizleri

4.3.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.3'te manda yoğurtlarına ait LAB analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Manda yoğurdu LAB analiz sonuçları (log KOB/g)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	7,39±0,97 ^{bA}	7,65±0,47 ^{bA}	7,07±0,08 ^{dA}
K2	8,12±0,25 ^{aA}	8,00±0,23 ^{bA}	8,05±0,05 ^{cA}
D1	8,13±0,30 ^{aA}	8,03±0,17 ^{bA}	8,17±0,08 ^{bA}
D2	8,27±0,25 ^{aB}	8,61±0,33 ^{aA}	8,32±0,14 ^{aAB}

^{a,b,c,d}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)
^A : Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.4'te manda yoğurtlarına ait TMAB analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Manda yoğurdu TMAB analiz sonuçları (log KOB/g)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	7,25±0,92 ^{bA}	7,71±0,57 ^{aA}	8,07±0,07 ^{bA}
K2	7,83±0,69 ^{abA}	7,95±0,62 ^{aA}	8,47±0,03 ^{aA}
D1	8,21±0,32 ^{abA}	8,41±0,12 ^{aA}	8,12±0,04 ^{bA}
D2	8,39±0,20 ^{aA}	8,31±0,30 ^{aA}	8,47±0,08 ^{aA}

^{a,b}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)
^A Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Manda yoğurtlarında depolamanın 1. gününde LAB düzeyi 7,39-8,27, 14. gününde 7,07 ile 8,32 log KOB/g değerleri arasında belirlenmiştir. Depolamanın 1. gününde K1 grubunun LAB sayısının diğer gruplara göre düşük olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Depolamanın 7. gününde ise D2 grubunun LAB sayısının diğer gruplardan anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0,05) Depolamanın 14. gününde tüm gruplarda LAB sayısında farklılık tespit edilmiştir ve LAB sayısı en yüksek D2 grubunda en düşük K1 grubunda tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama süresince K1, K2 ve D1 gruplarında herhangi bir fark belirlenmemiş ancak D2 grubunda depolamanın 7. gününde LAB sayısındaki artış anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Depolama süresinin sonunda inülin miktarının arttırılmasıyla LAB'nin daha iyi geliştiği tespit edilmiştir.

Depolamanın ilk gününde en yüksek TMAB sayısı D2 grubunda tespit edilmiştir. Bu farklılığın K grubuna göre önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). 7. günde gruplar arasında herhangi bir fark tespit edilmezken, depolamanın 14. gününde K2 ve D2 gruplarında K1 ve D1 gruplarına göre TMAB sayısının yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Yoğurt örneklerinin tamamında maya-küf ve koliform bakteri tespit edilmemiştir. Maya-küf ve koliform sayım sonuçlarında canlı mikroorganizmaya rastlanılmaması herhangi bir bulaşı olmadığıнын, çalışmanın hijyenik şartlarda gerçekleştirilerek gıda güvenliğinin sağlanmış olduğunun göstergesidir. LAB patojenik mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek bozulmaya karşı korunmada önemli bir rol oynamaktadır (Tamer vd., 2004).

El-Kholy vd. (2020) tarafından yürütülen çalışmada probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresi boyunca küf ve maya sayısı tespit edilmemiştir. Bu durum, hazırlama ve depolama sırasında hijyenik koşulların iyi olmasına bağlanmıştır.

Karki vd. (2013)'nin yaptığı çalışmada farklı probiyotik ve prebiyotikler kullanarak soya bazlı simbiyotik yoğurdun geliştirilmesi, en uygun probiyotik ve prebiyotiğin belirlenmesi, simbiyotik soya yoğurdunun manda sütü bazlı simbiyotik yoğurt ile karşılaştırılması ve son olarak bu yoğurtların farklı özelliklerinin, özellikle antiradikal aktivitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. *L. rhamnosus* ATCC 9595, A1B ve MgA suşları %1 oranlarında inülin, laktuloz ve sunfiber (hidrolize guar zatkından yapılan galaktomannan bazlı çözünür bir diyet lifi) ile birlikte kullanılmıştır. İnülin, sunfiber ve laktuloz varlığında probiyotik yoğurt örneklerinde 15 güne kadar olan depolama süresince 8 log KOB/ml LAB olarak tespit edilmiş ve eklenen prebiyotiğin LAB'nin artışına olumlu katkıda bulunduğu gözlenmiştir.

Canbulat ve Özcan (2015) tarafından yapılan çalışmada yoğurda %2 (w/v) oranında inülin eklenmesinin *L. rhamnosus*'un gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. İnülin ilavesinin fermentasyon ve depolama süresince *L. rhamnosus*'un 6,71 log KOB/g çoğalmasını teşvik etmek ve canlılığını korumak için olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Canbulat ve Özcan, 2015).

Emirmustafaoğlu vd. (2019) Türkiye'de farklı illerden tedarik edilen geleneksel olarak üretilen 86 manda yoğurdu örneğinin ortalama TMAB sayısı 4,41 log KOB/g, koliform sayısı 2,37 log KOB/g, maya ve küf sayısı 4,16 log KOB/g ve toplam LAB sayısı 5,96 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Farklı şehirlerden toplanan örnekler arasında analiz edilen özelliklerde önemli farklılıklar gözlenmiştir.

El-Kholy vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada probiyotik yoğurda inülin ilavesinin, depolama sırasında *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *B. bifidum*'un canlılığına olan katkısı araştırılmıştır. Az yağlı probiyotik yoğurt, az yağlı %0,5 inülin içeren simbiyotik yoğurt, az yağlı %1 inülin içeren simbiyotik yoğurt ve az yağlı %2 inülin içeren simbiyotik yoğurt örneklerinin 1., 7. ve 14. gününde *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *B. bifidum* sayıları incelenmiştir. 14 günlük depolama sonunda az yağlı probiyotik yoğurt, az yağlı %0,5 inülin içeren simbiyotik yoğurt ve az yağlı %1 ve 2 inülin içeren simbiyotik örneklerinde sırasıyla *Str. thermophilus* 6,90, 7,30, 7,44 ve 7,75 log KOB/g, *L. bulgaricus* 6,55, 6,93, 7,13 ve 7,33 log KOB/g, *L. acidophilus* 6,53, 7,11, 7,32 ve 7,58 log KOB/g olarak bulunmuştur. *B. bifidum* ise 6,40, 6,87, 7,25 ve 7,54 log KOB/g olarak bulunmuştur. İnülin ilavesinin inülin ilave edilmeyen kontrol grubu örneklerine göre daha yüksek *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *B. bifidum* canlı sayısı içerdiğini gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde, Donkor vd. (2007) hindiba bazlı inülinin probiyotik bakteriler için tercih edilen bir karbon kaynağı olduğunu, böylece bakterilerin çoğalma performansını artırdığını ve depolama sırasında bakterilerin canlılığı sürdürdüğünü belirtmiştir. *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *B. bifidum*'un canlılığını etkileyen en önemli faktörlerden biri asitliktir (Dave ve Shah, 1997).

Gnanarathna vd. (2022)'nin yaptığı çalışmada inek sütü ve manda sütü örneklerine %1, 2 ve 3 oranlarında inülin ilavesi yapılarak yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. İki başlatıcı kültür olarak *B. Bifidum* BB12 ve *Str. thermophilus* YC-X11 ile *L. bulgaricus* kullanılmıştır. Çalışmada kontrol grubu, %1, 2 ve 3 inülin içeren inek ve manda yoğurtlarındaki *B. bifidum* BB12, *Str. thermophilus* YC-X11 ve *L. bulgaricus* sayıları 21 günlük depolama süresi boyunca karşılaştırılmıştır. %3 inülin eklenmiş manda yoğurdu örneklerinde *B. bifidum* BB12 için depolama süresinin 1. ve 21. günlerinde gözlemlenen en yüksek canlılık sayıları 8,67 log KOB/mL ile 8,27 log KOB/mL, kontrol örneğinde ise 8,67 log KOB/mL ile 8,46 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Ancak depolamanın 21. günde kontrol örneğinin *B. Bifidum* BB12 sayısı 7,39 log KOB/mL olarak belirlenirken %3 inülin içeren manda yoğurdu örneğinde 8,27 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Böylelikle depolama süresince inülin eklenen manda yoğurdunun *B. Bifidum* BB12 gelişmesi için uygun bir ortam sağlayabileceği ve terapötik etkilerini koruyabileceği tespit edilmiştir. En yüksek *Str. thermophilus* YC-X11 sayısı hem inek hem de manda yoğurtlarında depolama süresi boyunca %3 inülin eklenmiş örneklerde kaydedilmiştir. %3 inülin eklenen manda yoğurdu örneklerinde *Str. thermophilus* YC-X11 sayısı

depolamanın 21. gününde 8,23 log KOB/mL, kontrol örneğinde ise 7,54 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. *L. bulgaricus* sayısı manda yoğurtlarında inülin eklenmiş örnekler ile kontrol örnekleri arasında anlamlı bir fark göstermiştir. Kontrol örneğinde *L. bulgaricus* canlılık sayıları, sırasıyla 1. ve 21. depolama günlerinde 8,08 log KOB/mL ve 7,54 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Ancak 21. günde %3 inülin eklenmiş örnekte *L. bulgaricus* sayısının en yüksek değeri 8,31 log KOB/mL olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca en yüksek canlılık %3 inülin ilave edilen inek ve manda yoğurtlarında tespit edilmiştir. Çalışma sonucuna göre; her iki süt ürünü için de inülin konsantrasyonları ile probiyotik bakteri sayılarının arttığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada inülin konsantrasyonu probiyotik bakteri sayısını arttırmış olsa da toplam LAB için daha düşük canlılık gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak da düşük pH'ya yol açan postasidifikasyon (Sendra vd., 2008) ve ticari kültürdeki bakterilerin düşük sayıda olabileceği belirtilmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları inülin konsantrasyonundaki artışla LAB sayısının artırılabilirliğini göstermektedir.

Hussien vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada %2 inülin ve %2 FOS ile *L. acidophilus* ve bakteriyosin kombinasyonunun pıhtılaşma süresi, yoğurdun raf ömrünün uzatılması ve mikrobiyolojik kalitesi gibi bazı özellikleri ve tüketiciler tarafından kabulü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada yoğurt başlatıcı kültür olarak *L. bulgaricus*, *Str. thermophilus* kullanılmış ve probiyotik kültür olarak *L. acidophilus* DSMZ 20079 ile bakteriyosinin etkisi çalışılmıştır. Probiyotik yoğurda inülin ve FOS eklenmiş grupta eklenmeyen uygulamalara kıyasla 39 günlük depolama süresinin sonuna kadar *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus*'un sayısında artış gözlemlenmiştir. Asitlik, *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus*'un canlılığını etkileyen en kritik faktörlerden birisi olarak bilinmektedir.

Araştırmada kontrol grubu %2 yoğurt başlatıcı kültürü, Deneme 1 %1 yoğurt başlatıcı kültür + %1 *L. acidophilus*, Deneme 2 %1 yoğurt başlatıcı kültür + %1 *L. acidophilus* + %2 inülin + %2 FOS, Deneme 3 %1 yoğurt başlatıcı kültür + %1 *L. acidophilus* bakteriyosini, Deneme 4 %1 yoğurt başlatıcı kültür + %1 *L. acidophilus* bakteriyosini + %2 inülin + %2 FOS olacak şekilde hazırlanmıştır. İncelenen tüm örneklerde *L. bulgaricus*'un gelişme hızında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Deneme 2 örneklerinde *L. bulgaricus* sayısı 32 günlük depolama sonunda 9,27 log KOB/g iken, Deneme 4 örneklerinde 39 günlük depolama sonunda 9,52 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Çalışmada inülin ilavesinin probiyotik yoğurtta *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus*'un gelişimini depolama süresinin sonuna kadar artırdığı ve

inülin içermeyen örneklerle kıyasla probiyotik sayılarında bir artış sağladığı belirlenmiştir. Yoğurtta probiyotik sayılarındaki artış, inülinin prebiyotik bir madde olarak etkisine bağlanabilmektedir. Probiyotiklerin ve yoğurt başlatıcı kültürlerinin inülin kullanma yeteneği ve inülinin, probiyotik bakteriler için tercih edilen bir karbon kaynağı olması, soğuk depolama sırasında gelişme performansını artırarak canlılıklarını korumasını sağlamıştır. Asidite *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus*'un canlılığını etkileyen en kritik faktörlerden biridir. FOS, LAB büyümesi için substrat görevi görerek ve kolon kanseri hücrelerinin gelişimini engelleyerek, kolon içinde bulunan çürütücü veya patojenik bakterileri KZYA üretimiyle inhibe etmektedir. Patojenik bakterilere karşı inhibe edici etki genellikle pH'daki azalma ile asit üretimi, hidrojen peroksit salgılanması ve çeşitli prebiyotiklerle seçici olarak uyarılan faydalı mikroflora tarafından doğal antibiyotiklerin (bakteriyosin) salınımı sonucu ortaya çıkmaktadır (Rousseau vd., 2005).

Yoğurttaki probiyotik sayısındaki artışın nedeni, inülinin prebiyotik bir madde olarak işlev görmesidir. Önceki çalışmalar probiyotik ve yoğurt starter kültürlerinin inülini kullanabildiğini göstermiştir (Akın vd., 2007; Aryana vd., 2007; Sendra vd., 2008). İnülin, mikrobiyal çoğalma için bir besin maddesi olarak etkili bir şekilde kullanılabilen bir fruktandır (Srisuvor vd., 2013). İnülin, diyet lifi olarak hareket ederek probiyotik çoğalmayı artırmaktadır (Ramirez-Santiago vd., 2010). Hindiba bazlı inülin probiyotik bakteriler için tercih edilen bir karbon kaynağıdır ve büyüme performansını arttırırken soğuk depolama sırasında canlılığı koruma özelliği göstermektedir (Hussien vd., 2022).

4.3.2. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.5'te manda yoğurtlarına ait pH değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Manda yoğurtlarına ait pH değerleri

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	4,83±0,13 ^{aA}	4,67±0,14 ^{aA}	4,47±0,40 ^{aA}
K2	4,64±0,36 ^{aA}	4,48±0,38 ^{aA}	4,37±0,42 ^{aA}
D1	4,71±0,18 ^{aA}	4,63±0,14 ^{aA}	4,42±0,43 ^{aA}
D2	4,87±0,01 ^{aA}	4,76±0,05 ^{aAB}	4,60±0,25 ^{aB}

^a: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^A: Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Manda yoğurtlarına ait pH değeri depolamanın 1. gününde 4,64-4,87 düzeyinde bulunmuştur. Örneklerin 1., 7. ve 14. gününde pH düzeyleri gruplar arasında benzerlik göstermiştir. Depolama süresince en düşük pH 4,37 ve en yüksek pH 4,87 olarak belirlenmiştir. Depolama süresi K1, K2 ve D1 gruplarının pH değerini etkilememiş ancak D2 grubunda depolama süresince pH değeri düşmüştür. 14. günde azalış 1. güne göre önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Manda sütü yüksek protein içeriğine sahip olduğundan ürün yapısı ve pıhtılaşma kalitesini etkileyerek inülin ilavesinin inkübasyon sırasında pH'da değişime neden olmadığı düşünülmüştür. Ancak artan inülin konsantrasyonlarında depolamayla birlikte pH'da düşüş meydana geldiği belirlenmiş ancak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Süt fermantasyonu sırasında pH değerindeki değişiklikler, kazein miselinin yapısal özelliklerinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Yoğurt jelinin reolojik özellikleri; sütün bileşimi, ön ısıtma işlemi, başlatıcı kültürün türü ve miktarı, fermantasyon sıcaklığı, kullanılan bileşenler ve depolama koşulları gibi bir dizi faktöre bağlı olarak şekillenmektedir (Tamime vd., 2007). pH'nın düşmesiyle birlikte jelleşme süreci başlamakta ve kazein misellerinin toplanması sonucunda yoğurdu tekstürel özellikleri artmaktadır (Vasbinder vd., 2004).

Sendra vd. (2008)'ne göre, lif ilavesi pH'nın düşmesine katkıda bulunur, ancak probiyotiklerin artan metabolik aktivitesi de ciddi pH düşüşüne sebep olur. Artan inülin seviyeleri bakteri sayısının artmasına yol açarak asit üretimini artırmakta ve bu da zamanla pH'nın düşmesine neden olmaktadır.

Ehsani vd. (2016)'nin yaptığı çalışmada *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*, oligofruktoz ve inülin kullanılarak üretilen yoğurt 4°C'de 21 gün depolanmış, pH değeri, sinerezis ve probiyotik sayılarındaki değişimler ile duyu özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Probiyotik yoğurtlara farklı oranlarda inülin ilavesi yapılmıştır. pH değerleri 4,53-3,93 aralığında postasidifikasyon gözlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan probiyotik bakterilerin depolama süresi boyunca 7 log KOB/mL'nin üzerinde hayatta kaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, prebiyotiklerin fizikokimyasal özellikleri iyileştirdiğini ve deneysel yoğurtlarda probiyotik bakterilerin canlılığını artırdığını kanıtlamıştır. Sonuçlar, prebiyotik ilavesinin pH değerinde önemli bir düşüşe yol açmadığını, probiyotik bakterilerin eş zamanlı olarak kullanılmasının ise 3 haftalık depolama sonrasında pH değerlerinde önemli bir düşüşe yol açtığını göstermiştir.

Sarwar vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada probiyotik *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 ve prebiyotik inülin kullanarak simbiyotik yoğurt üretimi

amaçlanmıştır. Araştırmada %0,5 *S. boulardii* ve %1, 1,5 ve 2 (w/v) konsantrasyonlarını içeren farklı yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir. Depolamanın ilk gününde pH kontrol örneğinde 4,50, %0,5 *S. boulardii* eklenen örnekte 4,49, %0,5 *S. boulardii* ve %1 inülin eklenen örnekte 4,51, %0,5 *S. boulardii* ve %1,5 inülin eklenen örnekte 4,50 ve %0,5 *S. boulardii* ve %2 inülin eklenen örnekte 4,52 olarak belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinde depolama sırasında pH 4,1-4,4 arasındaki değerlerde tespit edilmiş ve düşüş meydana gelmiştir ancak inülin ilavesinin pH değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak prebiyotiklerin probiyotik bakterilerin çoğalmasını aktive ederek zamanla ürünün pH değerinin düşmesine neden olduğu da bildirilmiştir (Tabatabaie ve Mortazavi 2008, Aghajani vd., 2012).

Gnanarathna vd. (2022) tarafından yürütölen çalışmada inek ve manda sütü örneklerine %1, 2 ve 3 oranlarında inülin ilavesi yapılmış ve *B. bifidum*, *Str. thermophilus* ile *L. bulgaricus* başlatıcı kültür olarak kullanılarak yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada farklı oranlarda inülin ilavesiyle üretilen inek sütü ile yapılmış yoğurtların depolama süresi sonundaki pH değerleri arasında önemli bir farklılık belirlenmemiş ancak manda sütü yoğurtları ile üretilen yoğurtların pH değerleri arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Manda sütü yoğurtlarının pH değeri 1. günden 21. güne kadar 4,86 ile 4,96 arasında değişmiştir. Bununla birlikte, inülin ilavesiyle üretilen yoğurtların depolama süresinin sonundaki pH değerlerinde önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Depolama sırasında devam eden asitlik gelişimi laktozun laktik aside aşamalı dönüşümü ile bağlantılı olabilmektedir. Bununla birlikte, yüksek çözünür lif bileşenleri içeren yoğurtlarda, diğer mekanizmalar da asitlik seviyesinde daha fazla artışı teşvik edebilmektedir (Ramirez- Santiago vd., 2010).

Sabzichi Esfahlan vd., (2023) tarafından yapılan araştırmada manda yoğurdu örneklerine %0,5, 1 ve 1,5 oranlarında inülin ilavesi yapılmıştır. Çalışmada depolama boyunca inülin içeren örneklerde pH en düşük 4,02, en yüksek 4,12 olarak tespit edilmiştir. 21 günlük depolamanın sonunda da aynı değerler görölmüştür. pH değerleri arasındaki farklılığın nedeni olarak inülin ilavesinin LAB'nin probiyotik aktivitesini artırarak laktik asit üretimini teşvik etmesi olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.6'da manda yoğurtlarına ait titrasyon asitliği (%Laktik Asit) değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Manda yoğurtlarına ait titrasyon asitliği miktarları (% Laktik Asit)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	0,60±0,09 ^{aA}	0,76±0,11 ^{aA}	0,76±0,14 ^{bA}
K2	0,63±0,01 ^{aB}	0,90±0,22 ^{aA}	0,99±0,02 ^{aA}
D1	0,68±0,03 ^{aB}	0,78±0,10 ^{aAB}	0,88±0,02 ^{abA}
D2	0,65±0,01 ^{aA}	0,71±0,06 ^{aA}	0,77±0,13 ^{bA}

^a: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^{A,B} Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Depolamanın 1. gününde yoğurt örneklerinin % laktik asit değerleri 0,60 ile 0,68 arasında belirlenmiştir. Depolamanın 1. ve 7. gününde gruplar arasında fark belirlenmemiştir. Depolamanın 14. gününde en yüksek % laktik asit değeri K2 grubunda belirlenmiştir. K2 grubunda depolamanın 1. günü % laktik asitlik 0,63 olarak belirlenmiş ve depolamanın 7. ve 14. gününe oranla daha düşük değerde olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Depolamayla birlikte K1 ve D2 gruplarında % laktik asit değerleri değişmezken, K2 ve D1 gruplarında artış meydana gelmiştir (p<0,05).

Han vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada manda yoğurdunun fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Manda yoğurdunun başlangıç pH'ı 4,34 iken, on haftalık depolamadan sonra pH 4,05'e düşmüştür. Aynı çalışmada, örneklerde depolama sırasında sürekli laktik asit fermentasyonu nedeniyle asitlikte bir artış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, titrasyon asitliği altıncı haftaya kadar artmış, ancak depolamanın altıncı ve onuncu haftaları arasında asitlikte önemli bir değişiklik olmamıştır.

Nguyen vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada homojenize edilmemiş manda sütünden yapılan yoğurdun fizikokimyasal ve reolojik özellikleri, fermentasyon süreci ve 28 günlük depolama sırasında incelenmiş ve homojenize edilmiş inek sütünden yapılan yoğurdun özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Fermentasyon sırasında hem manda yoğurdu hem de inek yoğurdu laktoz konsantrasyonunda azalma ve titrasyon asitliğinde artış gözlemlenmiştir. LAB tarafından parçalanan laktoz miktarı, manda ve inek yoğurdu arasında anlamlı bir fark göstermemiştir. Fermentasyonun sonunda, manda yoğurdunun ve inek yoğurdunun % laktik asit değerleri sırasıyla 1,08 ve 1,05 ile benzer bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada depolama süresi boyunca manda yoğurdundaki laktik asit miktarında artış olduğu tespit edilmiştir.

Helal vd. (2018) tarafından yürütülen çalışmada yoğurtlara %1, 2 ve 3 oranlarında inülin ilavesi yapılmış ve 14 gün depolanmıştır. Farklı yoğurt uygulamalarının titrasyon asitliği depolamanın ilk gününde %0,72 ile 0,82 arasında, depolamanın son gününde ise

%0,92 ile 1,12 olarak belirlenmiştir. Titrasyon asitliği inülin ilavesinden etkilenmemiştir. Depolama süresinin titrasyon asitliği değerini etkilediği ve depolama süresince artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Hussien vd., (2022)'nin araştırmasında %1 yoğurt başlatıcı kültürü ve %1 *L. acidophilus* ilave edilen yoğurt ile %1 yoğurt starter kültür, %1 *L. acidophilus* ve %2 inülin+%2 FOS örnekleri karşılaştırılmıştır. İnülin ve FOS ilavesi asitliğe önemli ölçüde etki etmemiştir ancak tüm gruplarda depolama boyunca asitlik artışı kademeli olarak gerçekleşmiştir.

Pekçalışkan vd. (2023)'nin yaptığı çalışmada %0,5, 0,75, 1 ve 2 inülin ilaveli simbiyotik yoğurtlarda 21 günlük depolama süresi sonunda en yüksek % laktik asit değeri %1 inülin ilaveli örneklerde %0,94 olarak tespit edilmiştir. En düşük değer %0,89 ile %2 ve %0,90 ile %0,5 inülin içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7'de manda yoğurtlarına ait kurumadde miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Manda yoğurtlarına ait kurumadde miktarları (%)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	19,35±3,76 ^{aA}	18,06±1,19 ^{aA}	20,62±1,17 ^{aA}
K2	20,34±2,70 ^{aA}	19,56±0,99 ^{aA}	19,84±1,77 ^{aA}
D1	21,38±0,67 ^{aA}	20,61±1,19 ^{aA}	20,31±1,67 ^{aA}
D2	21,77±0,86 ^{aA}	21,02±1,19 ^{aA}	21,82±1,57 ^{aA}

^a: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^A Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Yoğurt gruplarına ait % kurumadde değerleri 1. günde 19,35 ile 21,77 arasında tespit edilmiştir. Gruplara ait % kurumadde değerleri benzer bulunmuştur. İnülin ilavesinin örneklerin kurumadde değerini, diğer örneklerle kıyasla artırdığı ancak istatistiksel bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Depolama süresinin sonunda manda yoğurtlarının % kurumadde değerleri 19,84 ile 21,82 arasında değişmiştir. En yüksek % kurumadde değeri %1 oranında inülin ilave edilen D2 grubunda, ardından %0,5 inülin ilave edilen D1 grubunda sırasıyla 21,82 ve 20,31 olarak bulunmuştur. İnülin kurumadde miktarında istatistiksel olarak farklılığa neden olmamıştır. Örneklerle ait % kurumadde değerinin depolama süresi boyunca benzer olduğu görülmüştür.

Manda yoğurdunun kuru madde miktarının yüksek olması nedeniyle inülin ilavesi kurumadde miktarında belirgin bir fark yaratmamıştır ancak ilerleyen depolama

günlerinde *L. plantarum* suşunun eklenmesi kuru madde miktarında istatistiksel olarak önemli olmasa da bir miktar azalma meydana getirmiştir.

Nahar vd. (2007) inek, manda ve keçi sütünden yapılan yoğurtlar arasında en yüksek kurumadde miktarının %16,86 ile manda yoğurdunda tespit edildiğini belirtmiştir (Nahar vd., 2007).

Kalender ve Güzeler (2014) tarafından yapılan çalışmada sağlığa faydalı etkileriyle giderek yaygınlaşan, prebiyotik lif ve viskozite artırıcı özelliği, sinerezisi önleyici ve doku özelliklerini geliştirici olarak da kullanılabilen inülinin yağı azaltılmış süzme yoğurtta %1, 2, 3 kullanılması ile yeni bir ürün geliştirilmesi ve ürünün kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada inülin oranı arttıkça kurumadde miktarının %17,81'den %21,11'e çıktığı gözlemlenmiştir.

Emirmustafaoğlu vd. (2019), Türkiye'de geleneksel olarak üretilen farklı illerden tedarik edilen 86 manda yoğurdu örneğinin fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerini incelemiştir. Analiz sonucunda ortalama kurumadde (%), pH, asitlik (%) değerleri sırasıyla 13, 4,20 ve 1,22 olarak belirlenmiştir. Ortalama su tutma kapasitesi %67,48 ve viskozite 1249,67 mPas olarak bulunmuştur. Farklı şehirlerden toplanan örnekler arasında analiz edilen özelliklerde önemli farklılıklar gözlenmiştir.

Haktan (2022) tarafından yapılan çalışmada, %100 manda sütünden üretilen yoğurdun kurumadde değeri %17,09 olarak tespit edilmiştir. Yoğurtların laktik asit içeriği ise %1,21 olarak belirlenmiştir.

Sabzichi Esfahlan vd. (2023)'nin yaptığı çalışmada raf ömrü boyunca simbiyotik manda yoğurdu örneğinin kurumadde miktarında önemli değişiklikler olduğu ve eklenen probiyotik kültürlerin tek başına kurumadde miktarında önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ancak inülin ilavesi ile kurumadde miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, %1,5 inülin içeren simbiyotik yoğurtta %17,32 ile en yüksek kurumadde miktarı tespit edilmiştir. Kurumadde miktarındaki artış, süt serumunun su hacmindeki önemli bir azalmaya bağlanmaktadır (Soltanzadeh vd., 2021). Ayrıca inülinin, yoğurdun buzdolabı sıcaklığında depolanması sırasında jel yapıyı oluşturması ve suyu tutması nedeniyle kurumadde miktarında artışa neden olduğu belirtilmiştir (Maldonado Galdeanovd., 2019).

Terzioğlu vd. (2023) tarafından yürütülen çalışmada ise manda, deve, inek, keçi ve koyun sütleri kullanılarak üretilen yoğurtların 14 günlük depolama süresi boyunca fizikokimyasal, biyokimyasal, tekstürel ve reolojik özelliklerinin karşılaştırılması

amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda manda yoğurdunun kurumadde miktarı %19,52, titrasyon asitliği (% laktik asit) %1,04 ve pH değeri 4,24 olarak belirlenmiştir.

Temiz ve Karagöl (2024)' ün yaptığı çalışmada manda yoğurdu üretiminde geleneksel kültür olarak karamaya ve ticari başlatıcı kültürün yanı sıra ticari kültüre belli oranlarda farklı *Lactobacillus* spp. eklenerek yoğurtların tekstürel ve duyuşsal özellikleri ile uçucu organik bileşiklerin oluşumuna etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yoğurt kültürü olarak *Str. thermophilus* YC-350 ve probiyotik olarak *L. paracasei* ATCC 334, *L. plantarum* ATCC 14917 ve *L. helveticus* ATCC 15009 suşları kullanılmıştır. Kullanılan karamaya, Bafra ilçesi içerisinde yer alan ve manda sütlerinin de temin edildiği Kızılırmak Deltası'ndaki üreticilerden temin edilmiştir. Manda yoğurdu üretimi için seçilen suşlar, ticari kültür ve karamaya steril yağsız sütte geliştirilmiş ve ardından işletme kültürü olarak pastörize edilmiş manda sütüne %2,5 düzeyinde %100 karamaya, %100 YC-350, %75 YC-350+%25 *L. paracasei*, %75 YC-350+%25 *L. helveticus*, %75 YC-350+%25 *L. plantarum* kombinasyonları 21 günlük depolama süresince karşılaştırılmıştır. En düşük kurumadde miktarı %15,13 ile depolamanın 7. gününde YC-350 (%75)+%25 *L. plantarum* örneğinde, en yüksek kurumadde oranı ise %15,76 ile depolamanın 14. gününde %100 karamaya ve %75 YC-350+%25 *L. paracasei* örneğinde belirlenmiştir. Örneklerde pH değerleri 4,01 ile 4,44 değerleri arasında tespit edilmiştir. Depolama ile *L. plantarum* ve ticari başlatıcı kültür eklenen örnekte pH düşmüştür. Depolama ile birlikte tüm örneklerde % laktik asitlik düşüş göstermiştir. Depolama süresince farklı kültür eklenerek üretilen manda yoğurdu örneklerinin kurumadde madde miktarının değişmediği, kültür ilavesinin ve depolama süresinin kurumadde miktarını etkilemediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8.'de Manda yoğurtlarına ait su salma (%) değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. Manda yoğurtlarına ait su salma değerleri (%)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	37,59±1,27 ^{abA}	31,44±3,48 ^{aB}	25,65±5,24 ^{aB}
K2	39,74±2,92 ^{aA}	34,16±2,71 ^{aB}	24,58±4,40 ^{aC}
D1	35,98±1,62 ^{bA}	33,46±3,36 ^{aA}	28,35±2,55 ^{aB}
D2	32,49±1,79 ^{cA}	30,64±2,18 ^{aA}	25,29±2,71 ^{aB}

^{a,b}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^{A,B}: Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Manda yoğurdu örneklerine ait su salma değerleri depolamanın 1. gününde %32,49 ile 39,74 arasında hesaplanmıştır. K2 grubunun D1 ve D2 gruplarına kıyasla daha yüksek su salma değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Depolamanın 7. gününde K1 ve K2 gruplarında azalış meydana gelirken ($p<0,05$), D1 ve D2 gruplarının su salma değerlerinde depolamanın ilk gününe kıyasla anlamlı bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Depolamanın 14. gününde su salma değerleri tüm gruplarda azalmıştır ($p<0,05$). Depolama sonunda en düşük su salma K2 grubunda tespit edilirken gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Ferliarslan (2013) yaptığı çalışmada fermente süt içeceğine %0,5, 1 ve 2 oranlarında inülin ilavesi yapmıştır ve 21. gününde kontrol örneğinde su tutma kapasitesi %75,39, %2 inülin eklenen fermente süt içeceğinde ise %86,03 olarak belirlenmiştir. Artan inülin konsantrasyonlarında su tutma kapasitesinde artış meydana gelmiştir.

Ehsani vd. (2016)'nin yaptığı çalışmada *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*; oligofruktoz ve inülin kullanılarak üretilen yoğurt 4 °C'de 21 gün depolanmış, pH değeri, sinerezis ve probiyotik sayılarındaki değişimler ile duyuşal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmada prebiyotiklerin eş zamanlı olarak kullanılması, depolama sırasında önemli ölçüde daha düşük sinerezise yol açmıştır.

Ye vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada farklı polimerizasyon derecelerine sahip üç tip inülin pirinç nişastası jelinin donma-çözölme stabilitesini geliştirmek için kullanılmıştır. İnülin, su tutma kapasitesini arttırmış ve jellerin donabilir su miktarını azaltmış, jellerin sinerezisini azaltmıştır. Ayrıca, düşük polimerizasyon derecesine sahip inülinin, yüksek polimerizasyon dereceli olana göre daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Huang vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada inülinin yağsız manda set yoğurdu kalitesini artırmak için prebiyotik olarak kullanılabilmesi araştırılmıştır. %1,5, 3 ve 5 konsantrasyonlarda inülin eklenerek manda yoğurdu üretimi gerçekleştirilmiştir. Depolama sonunda su tutma kapasitesi kontrol örneğinde %56,23, %1,5 inülin eklenen örnekte %58,48, %3 inülin eklenen örnekte %60,43 ve %5 inülin eklenen örnekte %61,75 olarak belirlenmiştir. İnülin ilavesi ile +4 °C'de 21 günlük depolama süresince, manda yoğurdunun su tutma kapasitesi artmış bu sayede yüksek viskoziteli tam yağlı kontrol yoğurdu ile benzer duyuşal toplam kabul edilebilirlik puanları almıştır.

Rahman vd. (2024) tarafından yürütölen çalışmada yoğurttan potansiyel LAB suşlarının izolasyonu, karakterizasyonu ve simbiyotik yoğurdun fermantasyonu sırasında inülinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikler üzerindeki etkinliğinin

değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada toplam sekiz suş tanımlanmış ve izole edilmiştir. Seçilen iki izolat ile %0, 0,5, 1 ve 1,5 konsantrasyonlarda inülin eklenerek simbiyotik yoğurtlar üretilmiştir. Simbiyotik yoğurtların fermantasyon süreci boyunca fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Fermantasyon sonrasında, %1,5 inülin içeren yoğurt örneğinin 8,17 log KOB/ml ile en yüksek *Lactobacillus* spp. Ve 8,03 log KOB/ml *Streptococcus* spp. sayısına, %1,43 asitliğe ve %63,54 su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. İnülin ilavesi simbiyotik yoğurdun fermantasyonu sırasında rengi etkilememiştir. Bu çalışmada, inülinin LAB suşlarıyla birleştirildiğinde yoğurdun stabilitesini artırabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Zaman içinde, güçlü yoğurt kıvamı fermantasyon sırasında su tutma kapasitesini artırabilir. İnülin su bağlama kapasitesi nedeniyle suyu hem emebilir hem de tutabilir. İnülin moleküllerinin suyu yoğurt matrisi içinde hapsedebilmesi sebebiyle inülin içeren yoğurtlarda su tutma kapasitesi artabilir. Toplam kurumaddedeki artışlar, azalan sinerezis ve artan su tutma kapasitesi ile ilişkilendirilmiştir. Yoğurdun su tutma kapasitesi, yoğurdun dokusunu, kıvamını ve genel kalitesini etkileyebilen önemli bir faktördür (İbrahim ve Khalifa, 2015).

Çizelge 4.9’da Manda yoğurtlarına ait viskozite değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Manda yoğurtlarına ait viskozite değerleri (cP)

Örnekler	1. gün	7. gün	14. gün
K1	3112 ^{dA}	2560 ^{dB}	2008 ^{dC}
K2	4130 ^{cA}	3620 ^{cB}	3384 ^{cC}
D1	5282 ^{bA}	4666 ^{bC}	4816 ^{bB}
D2	5418 ^{aC}	5576 ^{aB}	5720 ^{aA}

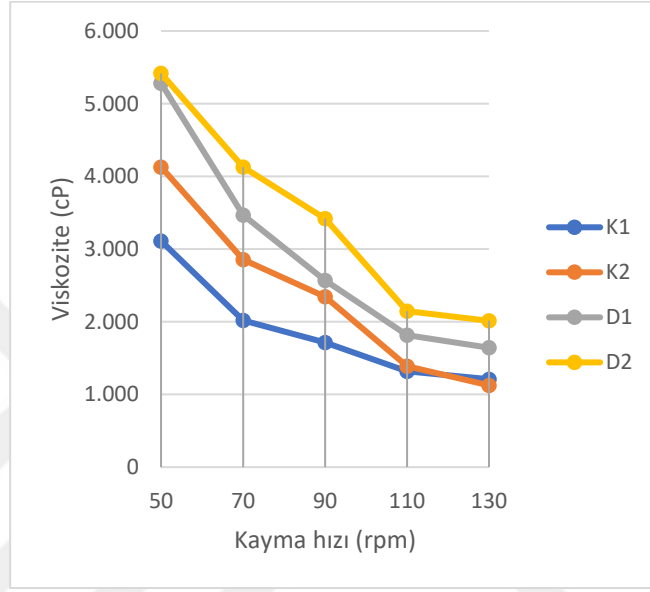
^{a,b,c,d}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^{A,B,C}: Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

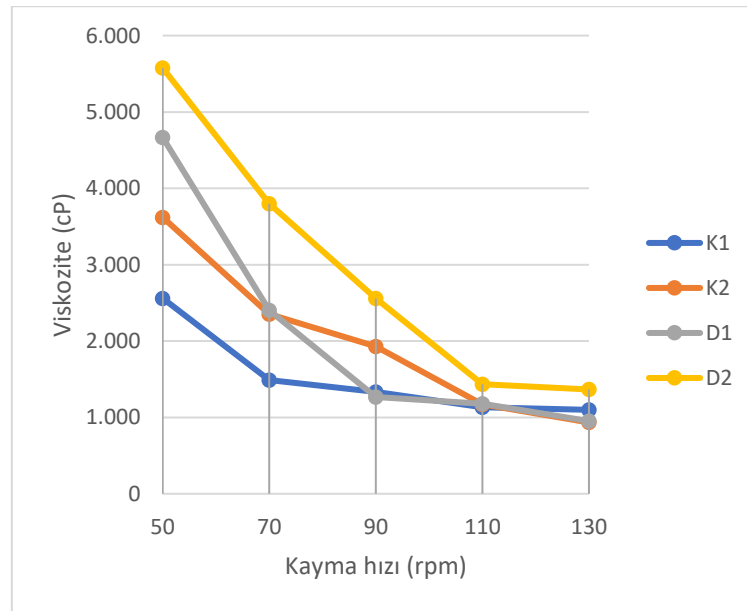
Manda yoğurtlarına ait 50 rpm kayma hızındaki viskozite değerleri incelendiğinde, manda yoğurtlarında depolamanın 1. gününde en yüksek viskozite D2 örneğinde ve en düşük viskozite K1 örneğinde belirlenmiştir (p<0,05). Depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde tüm örneklerin viskozite değerleri farklı bulunmuştur (p<0,05). Depolamanın 7. gününde 1. güne kıyasla K1, K2 ve D1 örneklerinin viskozitesinde azalış, D2 örneğindeki artış önemli bulunurken (p<0,05), 14. günde 7. güne kıyasla K1 ve K2 örneklerinin viskozitesindeki azalma, D1 ve D2 örneklerinde ise artış önemli

bulunmuştur ($p<0,05$). Tüm depolama günlerinde inülin ilave edilmiş grupların viskozite değerleri K1 ve K2 gruplarından yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama sürecinde D2 grubunun viskozite değeri D1 grubundan yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İnülin konsantrasyonunun artması viskoziteyi artırmıştır.

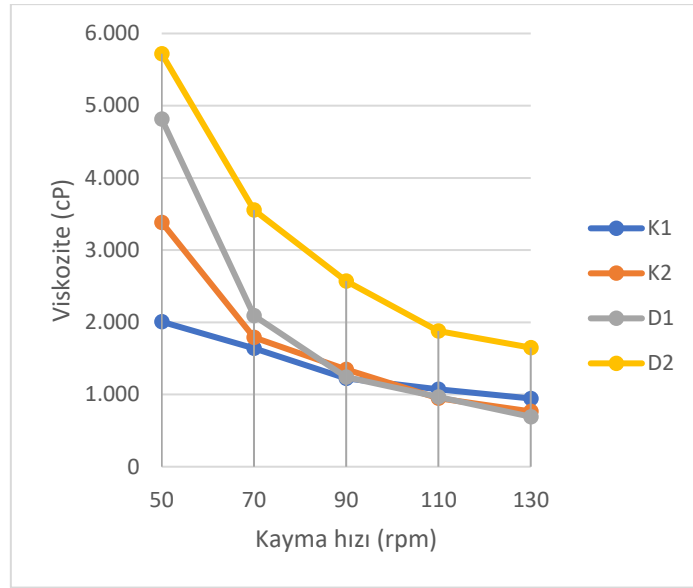
Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te Manda yoğurtlarına ait viskozite değerleri sunulmuştur.



Şekil 4.1. Manda yoğurtlarının 1. gün viskozite değerleri (cP)



Şekil 4.2. Manda yoğurtlarının 7. gün viskozite değerleri (cP)



Şekil 4.3. Manda yoğurtlarının 14. gün viskozite değerleri (cP)

Yoğurt kalitesi için önemli bir gösterge olan tekstür, yoğurdun yapısal ve duyuşal özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Sütün standardizasyonu, kurumaddenin farklı tekniklerle artırılması, homojenizasyon, ısıtma işlemi, inkübasyon koşulları, kullanılan başlatıcı kültürler, soğutma ve depolama koşulları gibi faktörler, yoğurdun jel yapısını ve tekstürel özelliklerini etkiler. Bu etmenler doğrultusunda kalite özellikleri de değişkenlik göstermektedir (Özcan ve Yıldız, 2016).

Balthazar vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada koyun sütünden elde edilen yoğurt örneklerinin fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Yoğurt örneklerine %2 ve 6 oranlarında inülin ilavesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada kontrol örneği, %2 ve 6 inülin eklenmiş yoğurt örneklerinde viskozite sırasıyla 6626,9, 7314,1 ve 8528,8 mPa.s olarak belirlenmiştir. İnülin oranının artmasıyla viskozitede artış gözlenmiştir.

Akgün vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada farklı yağ içeriklerine sahip manda yoğurtlarında 1. 10. ve 20. günlerinde viskozite değerleri sırasıyla 5400 mPa.s, 8429 mPa.s ve 9354 mPa.s olarak belirlenmiştir.

Bilgin ve Kaptan (2016) 60 adet evde üretilmiş manda yoğurdunu inceledikleri çalışmada viskozite değerini 12484–14786 mPa.s arasında belirlemiştir. Bu değerlerin bu çalışmada belirlenen değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.

Sarwar vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada probiyotik *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 ve prebiyotik inülin kullanarak simbiyotik yoğurt üretimi amaçlanmıştır. Araştırmada %0,5 *S. boulardii* ve %1, 1,5 ve 2 (w/v) konsantrasyonlarını içeren farklı yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri

incelenmiştir. İnülin kullanımının suyu bağlayarak yoğurt örneklerinin viskozitesini artırdığı belirlenmiştir.

Hamed vd. (2020) yer fıstığı kabuğunun manda yoğurdu üretiminde kullanıldığı çalışmada kontrol manda yoğurdu örneğinde viskozite değerlerini depolamanın 1. 7. ve 14. günlerinde sırasıyla 1453 mPa.s, 2366 mPa.s ve 2593 mPa.s olarak belirlemişler.

Al-Bedrani vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada ise inek, manda, koyun ve keçiden elde edilen sütlerden dört farklı yoğurt üretimi fizikokimyasal, reolojik ve duyuşsal özelliklerinin karşılaştırılması amaçlamıştır. Manda sütü ile üretilen yoğurtların su tutma kapasitesi sırasıyla %60 ve viskozite değeri 8900 mPas olarak ölçülmüştür. Viskozite değeri en yüksek manda yoğurdunda tespit edilirken, su tutma kapasitesi koyun yoğurdundan sonra en yüksek değerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.10'da Manda yoğurtlarına ait aroma bileşenleri değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Manda yoğurtlarına ait aroma bileşenleri değerleri (mg/kg)

Bileşen	Depolama	Asetaldehit	Etanol	Diasetil	Asetoin
K1	1. gün	3,73±0,26 ^{aC}	52,95±3,32 ^{cC}	0,30±0,04 ^{aC}	7,587±0,47 ^{cC}
	7. gün	5,70±0,04 ^{aB}	229,88±11,03 ^{aA}	1,43±0,11 ^{bB}	12,27±1,80 ^{bB}
	14. gün	7,42±0,15 ^{cA}	111,92±3,39 ^{cB}	1,91±0,08 ^{cA}	30,02±0,58 ^{cA}
K2	1. gün	4,00±0,14 ^{aB}	84,50±3,96 ^{bB}	0,33±0,01 ^{aB}	8,19±0,09 ^{bcB}
	7. gün	5,18±0,01 ^{bB}	68,74±11,86 ^{cB}	0,51±0,01 ^{cB}	12,43±1,54 ^{bB}
	14. gün	22,58±0,80 ^{aA}	349,60±29,4 ^{aA}	2,97±0,20 ^{bA}	88,98±7,01 ^{aA}
D1	1. gün	3,27±0,11 ^{bB}	44,56±1,68 ^{cB}	0,31±0,11 ^{aB}	8,95±0,49 ^{bB}
	7. gün	4,55±0,17 ^{cB}	52,84±1,85 ^{cB}	0,31±0,04 ^{cB}	12,56±3,43 ^{bB}
	14. gün	9,87±0,89 ^{bA}	188,24±4,15 ^{bA}	1,43±0,04 ^{dA}	27,34±0,64 ^{cA}
D2	1. gün	3,91±0,09 ^{aB}	118,17±4,49 ^{aB}	0,29±0,09 ^{aB}	11,06±0,10 ^{aC}
	7. gün	5,03±0,01 ^{bB}	93,63±5,04 ^{aB}	5,87±0,04 ^{aA}	20,00±1,14 ^{aAB}
	14. gün	11,84±1,18 ^{bA}	241,60±40,6 ^{bA}	6,38±0,04 ^{aA}	54,187±4,66 ^{bA}

^{a,b,c,d}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^{A,B,C}: Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çalışmamızda yoğurt örneklerinin asetaldehit miktarı depolamanın 1. gününde 3,27 ile 4 mg/kg, 7. gününde 4,55 ile 5,70 mg/kg ve 14. gününde 7,42 ile 22,58 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Depolamanın 14. gününde asetaldehit miktarı en yüksek K2 grubunda 22,58 mg/kg olarak belirlenirken (p<0,05), D1 ve D2 gruplarının asetaldehit miktarının K2 grubuna kıyasla daha düşük olduğu ve en az K1 grubunda olduğu tespit edilmiştir. Depolamayla birlikte asetaldehit miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. 7. günde 1. güne kıyasla K1, grubunda, 14. günde ise 7. güne kıyasla tüm gruplarda artış anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Etanol miktarı depolamanın 1. günü en yüksek D2 grubunda 118,17 mg/kg olarak belirlenirken, en düşük D1 grubunda 44,56 mg/kg olarak belirlenmiştir. D1 ve D2 grupları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Depolamanın 7. gününde en yüksek etanol miktarı K1 ve D2 gruplarında tespit edilmiştir ($p<0,001$). 7. günde K1 grubunda etanol miktarı artmış ($p<0,05$) ancak 1. güne kıyasla D1 ve D2 gruplarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Depolamanın 14. gününde en yüksek etanol miktarı K2 grubunda belirlenmiş, 7. güne kıyasla K1 grubundaki azalış ve diğer gruplardaki artış önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Depolamanın 1. gününde diasetil miktarı bakımından gruplar arası fark tespit edilmezken, depolamanın 7. gününde D2 grubunun etanol miktarının 5,87 mg/kg ile diğer gruplardan fazla olduğu ($p<0,05$), K2 ve D1 gruplarının etanol miktarlarının ise benzer bulunduğu belirlenmiştir. Depolamanın 14. gününde en yüksek diasetil miktarı D2 grubunda ($p<0,05$), en düşük D1 grubunda belirlenmiştir. D2 grubunda depolamanın 7. gününde diasetil miktarında 1 güne göre artış olduğu belirlenirken ($p<0,05$), depolamanın 14. gününde tüm örneklerin diasetil miktarının depolama süresiyle arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Asetoin miktarı depolamanın 1. ve 7. gününde en yüksek D2 örneğinde belirlenmiş diğer örnekler arasında benzer sonuçlar göstermiştir. Depolamanın 14. gününde en yüksek asetoin miktarı K2’de 88,98 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.11’de Manda yoğurtlarına ait KZYA değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Manda yoğurtlarına ait KZYA değerleri (mg/kg)

Bileşen	Depolama	Asetik Asit	Bütirik Asit
K1	1. gün	66±1,17 ^{aB}	50,64±0,25 ^{aA}
	7. gün	301,9±16,59 ^{aA}	60,50±3,68 ^{aA}
	14. gün	105,61±7,95 ^{cB}	62,30±2,55 ^{dA}
K2	1. gün	78,41±2,07 ^{aB}	53,74±3,46 ^{aB}
	7. gün	177,61±1,10 ^{bB}	79,70±3,18 ^{aB}
	14. gün	375,10±37,38 ^{bA}	232,9±10,98 ^{cA}
D1	1. gün	71,43±1,79 ^{aB}	66,40±1,17 ^{aB}
	7. gün	82,80±12,14 ^{cB}	162±52,61 ^{aAB}
	14. gün	212,70±13,02 ^{cA}	358±18,63 ^{bA}
D2	1. gün	74,20±3,61 ^{aC}	64,20±9,95 ^{aC}
	7. gün	259,80±14,68 ^{aB}	196,40±14,40 ^{aB}
	14. gün	614,00±38,26 ^{aA}	473±10,47 ^{aA}

^{a,b,c,d}: Çizelgede gruplara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Çizelgede depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Depolamanın 1. gününde grupların asetik asit miktarları benzer sonuçlar göstermiştir. Depolamanın 14. gününde K1, K2 ve D1 gruplarının asetik asit miktarı D2 grubundan düşük bulunurken, K1 ve D1 benzer, K2 ve D2 grupları arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın sonunda *L. plantarum* AA1-2 ilavesinin ve depolama süresinin asetik asit üretimine katkı sağladığı ve artan inülin miktarının da asetik asit miktarında artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

Depolamanın 1. ve 7. gününde örneklerin bütirik asit miktarları benzer sonuçlar göstermiştir. Depolamanın 14. gününde en yüksek 473 mg/kg bütirik asit D2 örneğinde, en düşük 62,30 mg/kg K1 grubunda tespit edilmiştir. D1 ve D2 gruplarının bütirik asit miktarı K1 grubundan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Depolamanın 1. ve 7. günlerinde örnekler arasında anlamlı farklılık tespit edilmezken, depolamanın 14. gününde K2, ve D2 örneklerinin 7. güne oranla anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

İsmail vd. (2016) yaptığı çalışmada soya sütü, inek sütü, manda sütü ve bu süt karışımlarından elde edilen yoğurtların KZYA üretme yeteneği değerlendirilmiştir. Çalışmada soya sütünden üretilen, manda sütünden ve inek sütünden üretilen yoğurt, %75 manda sütü+%25 soya sütünden yapılan yoğurt ve %75 inek sütü+%25 soya sütünden yapılmış yoğurt olmak üzere 5 farklı yoğurt örneği incelenmiştir. Bu çalışmada tüm yoğurt uygulamalarında, laurik yağ asidi (C:12) baskın KZYA olmuş, bunu kaprik asit (C10:0) ve kaprilik asit (C8:0) izlemiştir. Manda yoğurtlarında laurik asit %3,32, kaprik asit %3,09 ve kaprilik asit %0,77 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, %25 soya sütü eklenerek üretilen manda ve inek yoğurdu örneklerinde soya sütünün KZYA değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmada KZYA üretme potansiyeli en yüksek olan yoğurt manda yoğurdu olarak belirlenmiştir.

Tian vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada probiyotiklerin yoğurdun lezzet profili üzerindeki etkisini incelemek için, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *L. casei*'den oluşan 4 probiyotik, geleneksel mayalarla birlikte fermente edilmiştir. Fermantasyon ve buzdolabında 28 günlük depolama sırasında bakteri gelişimi, asit içeriği ve yoğurdun uçucu bileşiklerindeki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Ketonlar ve aldehitler manda yoğurtlarında en çok bulunan bileşenler olarak belirlenmiştir. *L. rhamnosus* veya *L. plantarum* varlığı başlıca uçucu bileşikler önemli ölçüde etkilemezken, *L. casei* ve *L. acidophilus*'un uçucu metabolitlerin oluşumuna katkısı olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda kontrol yoğurdu örneğinde asetik asit miktarı 0,52 mg/kg olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, *L. plantarum* içeren örnekte asetik asit

miktarı 0,46 mg/kg, *L. casei* içeren örnekte ise 0,58 mg/kg olarak ölçülmüştür. Ayrıca, Tian vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, kontrol örneğinde asetik asit miktarı 15,15 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte ise 16,24 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Emirmustafaoğlu vd. (2019)'nin çalışmasında Türkiye'de geleneksel olarak üretilen farklı illerden tedarik edilen 86 manda yoğurdu örneğinin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Yoğurtlarda asetaldehit, etanol, diasetil, asetoin ve aseton değerleri sırasıyla 8,93, 114,93, 0,95, 24,44 ve 0,59 (mg/kg) olarak tespit edilmiştir. Farklı şehirlerden toplanan örnekler arasında analiz edilen özelliklerde önemli farklılıklar gözlenmiştir.

Barakat vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada %1 peyniraltı suyu protein konsantresi ve kalsiyum kazeinat ile zenginleştirilerek az yağlı manda sütü yoğurtları üretilmiştir. Yoğurtların uçucu bileşenleri 21 günlük depolama süresince belirlenmiştir. Üretilen az yağlı manda yoğurtlarında asetaldehit, etanol, asetoin, asetik asit, bütirik asit, değerleri sırasıyla; 200,12, 50,01, 30,51, 160,23, 200,89 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Gu vd. (2021)'nin çalışmasında farklı ve yaygın olarak kullanılan *L. bulgaricus* LB4, *Str. thermophilus* ST447, *L. paracasei* IMC502, *L. acidophilus* NCFM, *B. lactis* HN019 ve *L. rhamnosus* ile yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada probiyotik yoğurtlardaki doymamış yağ asitleri içeriğinin normal yoğurtlara kıyasla daha yüksek olması, probiyotik yoğurtların sağlık açısından daha büyük bir potansiyele sahip olduğunu doğrulamaktadır. Yoğurdun depolanması, KZYA içeriğini artırma potansiyeline sahiptir. Sağlığa yararlı olduğu bilinen KZYA üretimi için uygun koşullarda depolamanın yoğurt kalitesi üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

Chang vd. (2021)'nin yaptığı çalışmada pazar sütü 85°C'de 30 dk pastörize edilmiştir ve ardından 42°C'ye soğutulmuştur. Daha sonra pH 4,6'ya ulaşınca kadar 42°C'de inkübe edilmiştir ve gece boyunca 4°C'de muhafaza edilmiştir. Bu çalışma farklı mikroorganizmalar tarafından fermente edilmiş 4 farklı yoğurt örneği içermektedir. 1. yoğurt örneği (C) her başlangıç maddesinden $1,5 \times 10^7$ KOB/mL olmak üzere *Str. thermophilus* ve *L. bulgaricus*; 2. yoğurt örneği (C-Bb) her başlatıcıdan 1×10^7 KOB/mL olmak üzere *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *Bifidobacterium bifidum*; 3. yoğurt örneği (C-La) her başlatıcıdan 1×10^7 KOB/mL olmak üzere *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus*, 4. yoğurt örneği de (C-Lg) her başlatıcıdan 1×10^7 KOB/mL olmak üzere *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *Lactobacillus gasseri* içermektedir. Yoğurttaki KZYA (asetat, propiyonat ve bütirat) ve laktat seviyeleri GC kullanılarak

ölçülmüştür. *L. bulgaricus* ve *Str. thermophilus*'un kombinasyonu asetat üretirken *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. gasseri* (C-Lg) ve *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus* (C-La) kombinasyonları daha fazla asetat üretimi gerçekleştirmiştir. Buna karşılık propiyonat bütirat ve laktat miktarlarında önemli ölçüde fark olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca üretilen asetat miktarı da propiyonat miktarından 1000 kat fazla çıkmıştır. Probiyotiklerin asetat üretmek için kullanılan yollardan laktat ürettiği bilinmektedir, ancak farklı yoğurt grupları arasında laktat düzeylerinde önemli bir fark bulunmamıştır (Chang vd., 2020).

Güzeler vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada Çukurova bölgesinden manda yoğurtlarında dört aldehit, dört keton, altı asit, yedi alkol, dört ester ve on çeşitli bileşik olmak üzere toplam 35 uçucu madde tespit edilmiştir. Aldehitler, alkollere veya ilgili asitlere dönüştükleri için manda yoğurdu örneklerinde önemli bileşikler olarak kabul edilmemektedir. Asetaldehit, diasetil ve asetoin'in yoğurtlardaki ana aroma bileşikleri olduğu bilinmektedir (Tian vd., 2019). Asetaldehit, asetoin, asetik asit ve bütirik asit pik alanı sırasıyla; %0,401, 20,731, 35,249 ve 4,742 olarak belirlenmiştir. Manda yoğurtlarında asetaldehit seviyesi düşük bulunmuş ve keton grupları arasında diasetil tespit edilmemiştir. Diasetilin indirgenmiş bir formu olan ve yoğurtlarda hafif kremsi bir tat üreten asetoin, manda yoğurtlarındaki keton grupları arasında en yüksek seviyede bulunmuştur. *Lactococcus lactis* fermentasyon sırasında asetoin üretebilmektedir (Cheng, 2010; Walsh vd., 2016). Manda yoğurtlarında tespit edilen diğer ketonların örneklerin tatlı, meyvemsi, tereyağlı ve kremsi lezzetinden sorumlu olduğu bilinmektedir (Sidira vd., 2017).

Karagöl (2024) tarafından yapılan araştırmada örneklerin viskozite değerleri 5,90 ile 13,17 Pa.s değerleri arasında tespit edilmiştir. Asetaldehit, yoğurt kültürlerinde alkol dehidrojenaz adı verilen bir enzim aracılığıyla etanole metabolize edilmektedir. Etanol miktarı *L. plantarum* eklenen örnekte artış göstermiştir. Asetik asit sadece *L. plantarum* eklenen örnekte tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada daha önce yapılan çalışmalarda 16s rRNA dizi analizi ile genetik tanısı gerçekleştirilmiş ve bazı probiyotik özellikleri belirlenmiş *L. plantarum* AA1-2, AB20-961, AB6-25, AB16-65, AC18-81 ve AK4-11 suşlarının aroma ve KZYA bileşenleri tespit edilmiştir.

En yüksek asetaldehit değerleri *L. plantarum* AA1-2 ve *L. plantarum* AB20-961 suşlarında sırasıyla 0,22 ve 0,13 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

İncelenen suşların etanol miktarı 1,43 ile 54,20 mg/kg değerleri arasında belirlenmiş ve *L. plantarum* AA1-2 ile AB20-961 suşlarında diğer *L. plantarum* suşlarına oranla daha yüksek değerlerde belirlenmiştir.

Suşlarda diasetil 0,01 ve 0,69 mg/kg aralığında belirlenmiştir. *L. plantarum* AA1-2 ve AB20-961 suşlarının diasetil miktarının benzer ve diğer suşlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Asetoin miktarı 2,65 mg/kg olarak en yüksek *L. plantarum* AB16-65'te, en düşük 0,31 mg/kg değerle *L. plantarum* AA1-2'de belirlenmiştir.

KZYA'nden asetik asit 2020 mg/kg ve bütirik asit 4400 mg/kg ile en yüksek *L. plantarum* AA1-2 suşunda belirlenmiştir. İncelenen suşlar arasında asetik ve bütirik asit üretimi en yüksek olan ve organik asit üretimi açısından yoğurt üretimi için uygun olan *L. plantarum* AA1-2 suşu manda yoğurtlarına eklenecek kültür olarak seçilmiştir.

Manda yoğurtlarında depolamanın 1. gününde LAB düzeyi 7,39-8,27, 14. gününde 7,07 ile 8,32 log KOB/g değerleri arasında belirlenmiştir.

Depolamanın 7. ve 14. günlerinde en yüksek LAB sayısı %1 inülin ilave edilen D2 gruplarında K1 gruplarından yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$). Uygun depolama süresi ve artan inülin konsantrasyonlarında LAB'ın daha iyi geliştiği belirlenmiştir.

Depolamanın 1. ve 14. gününde *L. plantarum* AA1-2 ve %1 inülin eklenen gruplarda K grubuna göre TMAB sayısının yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ancak depolamanın TMAB üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Örneklerin fizikokimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde; depolamanın 1., 7. ve 14. gününde K1, K2 ve D1 gruplarının pH düzeyleri benzerlik göstermiştir. Depolamanın 14. gününde D2 grubunun pH düzeyinde azalış meydana gelmiştir ($p<0,05$). Örneklere ait % kurumadde değerinin depolama süresi boyunca benzer olduğu görülmüştür.

Su salma değerlerinde depolamanın ilk günde *L. plantarum* AA1-2 ilavesinin su salmayı artırdığı ancak inülin ilavesiyle su salmanın bir miktar azaldığı, inülin ilavesinin su salmada azalışa neden olduğu belirlenmiştir. İnülin ilave edilen örnek gruplarında su salmada azalma daha az olduğundan inülin ilavesinin uygun depolama süresinde su salmadaki azalmayı etkileyeceğini düşündürmektedir.

Tüm depolama günlerinde inülin ilave edilmiş grupların viskozite değerleri K grubundan yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama sürecinde D2 gruplarının viskozite değeri D1 gruplarından yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İnülin konsantrasyonunun artması viskoziteyi artırmıştır.

Depolamanın sonunda *L. plantarum* AA1-2 ilavesinin ve depolama süresinin asetik asit üretimine katkı sağladığı ve artan inülin miktarının da asetik asit miktarında artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

Depolamanın 14. gününde K2, D1 ve D2 örneklerinin bütirik asit miktarı K1 örneğinden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Üretilen yoğurtların, KZYA üretme kapasiteleri ve probiyotik süt ürünü olma potansiyelleri göz önüne alındığında, bu ürünlerin sağlık üzerinde geliştirici etkiler gösterebileceği söylenebilir. Ancak, yoğurtların fonksiyonel özelliklerini, duyuşal kalitelerini ve üretim maliyetlerini optimize etmek amacıyla yeni araştırmaların yapılması gereklidir. Ayrıca, yoğurtların antimikrobiyal aktiviteleri, antidiyabetik ve antikarsinojenik özellikleri gibi insan sağlığı üzerindeki potansiyel yararlı etkilerinin araştırılması da önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbasi, A., Rad, A. H., Ghasempour, Z., Sabahi, S., Kafil, H. S., Hasannezhad, P., ve Shahbazi, N. (2022). The biological activities of postbiotics in gastrointestinal disorders. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 5983-6004.
- Abdoli, M., Mohammadi, G., Mansouri, K., Khaledian, S., Taran, M., ve Martinez, F. (2022). A review on anticancer, antibacterial and photo catalytic activity of various nanoparticles synthesized by probiotics. *Journal of Biotechnology*, 354, 63-71.
- Abesinghe, A. M. N. L., Vidanarachchi, J. K., Islam, N., ve Karim, M. A. (2022). Effects of ultrasound on the fermentation profile and metabolic activity of lactic acid bacteria in buffalo's (*Bubalus bubalis*) milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103048.
- Aghajani, A. R., Pourahmad, R., ve MAHDAVI, A. H. (2012). Evaluation of physicochemical changes and survival of probiotic bacteria in synbiotic yoghurt, 2, 13-22.
- Ahmed, W. I., Kamar, A. M., Hamad, G. M., Mehany, T., El-Desoki, W. I., Ali, E., ve Simal-Gandara, J. (2023). Biocontrol of *Bacillus cereus* by *Lactobacillus plantarum* in Kareish cheese and yogurt. *Food Science and Technology*, 183, 114946.
- Aiello, A., Pizzolongo, F., De Luca, L., Blaiotta, G., Aponte, M., Addeo, F., ve Romano, R. (2023). Production of butyric acid by different strains of *Lactobacillus plantarum* (*Lactiplantibacillus plantarum*). *International Dairy Journal*, Volume 140, 105589.
- Akhtar, S., Nawaz, S.K., (2023). Antimicrobial efficacy of *Lactobacillus plantarum* strain against the *B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus* and *E. coli* strains. *Bioscience Journal*, 39:e39061. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-67616>.
- Akın, M.B., Akın, M.S., Kırmacı, Z., 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*. 104, 93–99.
- Akpınar, D., ve Başığit Kılıç, G. (2012). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen antifungal bileşenler. *Gıda*, 37(1), 47-54.
- Albayrak Karaoğlu A. (2025). Burdur İlinde Üretilen Geleneksel Keçi Peynirlerinde Laktik Asit Bakteri Florasının Belirlenmesi, Karakterizasyonu ve Uygun Başlatıcı Kültürler Kullanılarak Farklı Ambalaj Türlerinde Keçi Peyniri Üretimi Olanaklarının Araştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, 146.
- Altın, M., ve Yılmaz, M. (2023). Diabetes Mellitus ve Probiyotik, Prebiyotik, Simbiyotikler. *Current Perspectives on Health Sciences*, 4(2), 54-63.

- Andersson, R.E., Daeschel, M.A., ve Hassan, H.M. (1988). Antibakteriyel activity of plantaricin SIK-83, a bacteriocin produced P8 *Lactiplantibacillus plantarum*. *Biochimie*, 70 (3), 381-390.
- Annunziata, G., Arnone, A., Ciampaglia, R., Tenore, G.C., Novellino, E., (2020). Fermentation of foods and beverages as a tool for increasing availability of bioactive compounds. Focus on Short-Chain Fatty Acids. *Foods*, 9(8),999.
- Anonim (1983). Gıda maddeleri muayene ve analiz metotları, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Arvanitoyannis, I. S., & Van Houwelingen-Koukaliaroglou, M. (2005). Functional foods: a survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(5), 385-404.
- Aryana, K.J., Plauche, S., Rao, R.M., McGrew, P., Shah, N.P. (2007). Fat-free plain yogurt manufactured with inulin of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*. *J. Food Sci.* 72, 79–84.
- Asarat, M., Apostolopoulos, V., Vasiljevic, T., Donkor, O. (2015). Short-chain fatty acids produced by synbiotic mixtures in skim milk differentially regulate proliferation and cytokine production in peripheral blood mononuclear cells. *Int. Journal Food Science Nutrition*, 66, 755–765.
- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., & Leggette, H. R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217.
- Balthazar, C. F., Gaze, L. V., Azevedo Da Silva, H. L., Pereira, C. S., Franco, R. M., Conte-Júnior, C. A., ve De Oliveira Silva, A. C. (2015). Sensory evaluation of ovine milk yoghurt with inulin addition. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2), 281-290.
- Barakat, H., Mohamed, A., Gemiel, D. G., ve Atallah, A. A. (2021). Microstructural, volatile compounds, microbiological and organoleptical characteristics of low-fat buffalo milk yogurt enriched with whey protein concentrate and Ca-caseinate during cold storage. *Fermentation*, 7(4), 250.
- Başığit, G. (2004). Bazı laktik asit bakterilerinin probiyotik olarak kullanılma özellikleri. Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Science, 96.
- Başığit Kılıç, G., Kuleaşan, H., Eralp, İ., ve Karahan, A. G. (2009). Manufacture of Turkish Beyaz cheese added with probiotic strains. *Food Science and Technology*, 42(5), 1003-1008.
- Başığit Kılıç, G., ve Karahan, A. G. (2010). Identification of lactic acid bacteria isolated from the fecal samples of healthy humans and patients with dyspepsia, and determination of their pH, bile, and antibiotic tolerance properties. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 18(4), 220-229.

- Başığit Kılıç, G., Kuleaşan, H., Sömer, V. F., ve Akpınar, D. (2013). Determining potential probiotic properties of human originated *Lactobacillus plantarum* strains. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 18, 479-485.
- Başığit Kılıç, G., ve Akpınar, D. (2013). The effects of different levels of β glucan on yoghurt manufactured with *Lactobacillus plantarum* strains as adjunct culture. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(1), 281-287.
- Başığit Kilic, G., ve Akpınar Kankaya, D. (2016). Assessment of technological characteristics of non-fat yoghurt manufactured with prebiotics and probiotic strains. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 864-871.
- Başığit Kilic, G. (2018). The effects of probiotic cultures in functional foods: Technological aspects of probiotics. In *Microbial cultures and enzymes in dairy technology*, 21, 101-121.
- Başığit Kılıç G, Ağdaş K, Karahan AG, Çakmakçı ML. 2016. Effect of *Lactobacillus plantarum* AK4-11 and different grape varieties on the properties of Hardaliye. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(4): 512-521.
- Behera, S. S., Ray, R. C., ve Zdolec, N. (2018). *Lactobacillus plantarum* with functional properties: an approach to increase safety and shelf-life of fermented foods. *BioMed Research International*, 2018(1), 9361614.
- Bharti, P. K., Kamboj, M. L., ve Tyagi, A. (2012). Comparative effect of feeding commercial milk replacer and whole milk on growth performance and feed conversion efficiency for Indian dairy calves. *Indian Journal of Animal Sciences*, 82(10), 1221.
- Bhat, R., Suryanarayana, L. C., Chandrashekara, K. A., Krishnan, P., Kush, A., ve Ravikumar, P. (2015). *Lactobacillus plantarum* mediated fermentation of *Psidium guajava* L. fruit extract. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 119(4), 430-432.
- Bilgin, B., ve Kaptan, B. (2016). A study on microbiological and physicochemical properties of homemade and small scale dairy plant buffalo milk yoghurts. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 5(3), 29-36.
- Bizzarri, B. M., Saladino, R., Delfino, I., García-Ruiz, J. M., ve Di Mauro, E. (2021). Prebiotic organic chemistry of formamide and the origin of life in planetary conditions: What we know and what is the future. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(2), 917.
- Campos-Perez, W., ve Martinez-Lopez, E. (2021). Effects of short chain fatty acids on metabolic and inflammatory processes in human health. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1866(5), 158900.

- Can, K., Bozatlı, S. B., ve Dikici, A. (2024). Probiyotik Mikroorganizmaların Çeşitli Gıdalarda Kullanımı. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 51-65.
- Canbulat, Z., ve 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.
- Cani, P. D. (2014). The gut microbiota manages host metabolism. *Nature Reviews Endocrinology*, 10(2), 74-76.
- Chang, Y.H., Jeong, C.H., Cheng, W.N., Choi, Y., Shin, D.M., Lee, S., Han, G., (2021). Quality characteristics of yogurts fermented with short-chain fatty acid-producing probiotics and their effects on mucin production and probiotic adhesion onto human colon epithelial cells. *American Dairy Science Association*, 104, 7415–7425.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., ve Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20, S316-S330.
- Chen, L., Zhang, Q., Ji, Z., Shu, G., ve Chen, H. (2018). Production and fermentation characteristics of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides of goat milk fermented by a novel wild *Lactobacillus plantarum* 69. *Food Science and Technology*, 91, 532-540.
- Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10), 938-950.
- Cheng, Y., Liu, J., ve Ling, Z. (2022). Short-chain fatty acids-producing probiotics: A novel source of psychobiotics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(28), 7929-7959.
- Cong, J., Zhou, P., ve Zhang, R. (2022). Intestinal microbiota-derived short chain fatty acids in host health and disease. *Nutrients*, 14(9), 1977.
- Cornejo-Pareja, I., Munoz-Garach, A., Clemente-Postigo, M., ve Tinahones, F. J. (2019). Importance of gut microbiota in obesity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72, 26-37.
- Çetin, B., Usal, M., Aloğlu, H. Ş., Busch, A., Dertli, E., ve Abdulmawjood, A. (2024). Characterization and technological functions of different lactic acid bacteria from traditionally produced Kırklareli white brined cheese during the ripening period. *Folia Microbiologica*, 69(5), 1069-1081.
- Da Cruz, M. F., Magno, M. B., Jural, L. A., Pimentel, T. C., Ferreira, D. M. T. P., Esmerino, E. A., ve Maia, L. C. (2022). Probiotics and dairy products in dentistry: A bibliometric and critical review of randomized clinical trials. *Food Research International*, 157, 111228.

- Da Silva Faresin, L., Devos, R. J. B., Reinehr, C. O., ve Colla, L. M. (2022). Development of ice cream with reduction of sugar and fat by the addition of inulin, *Spirulina platensis* or phycocyanin. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100445.
- Dan, T., Chen, H., Li, T., Tian, J., Ren, W., Zhang, H., Sun, T., (2019). Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on fermented milk flavor and storage stability. *Front Microbiology*, 9, 3133.
- Dara, W., Rini, A. M., ve Sari, I. D. P. (2024). Lactic Acid Bacterias (Lab) of Yoghurt Added with Dahlia (*Dahlia Pinnata* L) Tuber Inulin Decrease. *Jurnal Katalisator*, 9(1), 100-109.
- Dave, R. I., ve Shah, N. P. (1997). Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. *International Dairy Journal*, 7(1), 31-41.
- Delikanli, B., ve Ozcan, T. (2017). Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13101.
- Demir, E., Başıyigit Kılıç, G. ve Özbalcı, D. (2019). Biosafety assessment of probiotics" probiotics". *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4, 639-645.
- Demir, B. B. (2024). Prebiyotik Fonksiyonel Gıdalar. *Sağlık ve Bilim 2024: Fonksiyonel Gıdalar ve Sürdürülebilir Sağlık*, 53.
- Demirgöl, F., ve Sağdıç, O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (13), 45-53.
- Donkor, O. N., Henriksson, A., Vasiljevic, T., ve Shah, N. P. (2007). Rheological properties and sensory characteristics of set-type soy yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(24), 9868-9876.
- Du, Y., He, C., An, Y., Huang, Y., Zhang, H., Fu, W., ve Zhao, B. (2024). The role of short chain fatty acids in inflammation and body health. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 7379.
- Duan, C., Ma, L., Yu, J., Sun, Y., Liu, L., Ma, F., Li, X., Li, D., (2022). Oral administration of *Lactobacillus plantarum* JC7 alleviates OVA-induced murine food allergy through immunoregulation and restoring disordered intestinal microbiota. *Springer*, 62, 685-698. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-03016-5>.
- Ehsani, A., Banihabib, E. K., Hashemi, M., Saravani, M., ve Yarahmadi, E. (2016). Evaluation of various properties of symbiotic yoghurt of buffalo milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1466-1473.
- El-Kholy, W. M., Aamer, R. A., ve Ali, A. N. A. (2020). Utilization of inulin extracted from chicory (*Cichorium intybus* L.) roots to improve the properties of low-fat synbiotic yoghurt. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 59-67.

- Elmas, E. T., ve Yuceer, Y. (2024). Yoğurdun Uçucu Bileşen Profili Ve Duyusal Özellikleri Üzerine Kültür Çeşidinin Etkileri. *Gıda*, 49(4), 595-606. <https://doi.org/10.15237/Gida.Gd24045>.
- Emirmustafaoğlu, A., Coşkun, H., ve Güler, G. (2019). Some chemical, physical, microbiological and sensorial properties of traditional water buffalo yogurts produced in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 19(1), 83-91.
- Ermetin, O. (2020). KOP Bölgesinde Manda Yetiştiriciliği ve Önemi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 164-171.
- Fang, X., Ye, H., Chen, M., Chen, X., Chen, M., Chen, J., ve Zhang, Z. (2024). Effects of co-fermentation of *Lactobacillus plantarum* and inulin on beany flavor and physicochemical quality of soy yogurt in a multiple lactic acid bacteria fermentation system. *Cereal Chemistry*, 101(1), 248-262.
- FAO. (2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, FAO “Hayvan varlığı ve süt istatistikleri”, www.fao.org/faostat
- Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., Burkhardt, W., Shellfish, M., ve Water, B. (2002). BAM: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. *Bacteriological Analytical Manual*, 13(9), 1-13.
- Ferliarslan, İ. (2013). Farklı oranlarda β -glukan ve inilün ilavesinin kayısıli probiyotik fermente süt içeceğinin bazı özelliklerine etkileri/The effect of addition of different amounts of inulin and oats fibre on the properties of probiotic fermented milk beverage with apricot (Doctoral dissertation).
- Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S287-S291.
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J., Díaz-Castro, J., ve López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059.
- Ge, Y., Yu, X., Zhao, X., Liu, C., Li, T., Mu, S., ve Zhang, B. (2024). Fermentation characteristics and postacidification of yogurt by *Streptococcus thermophilus* CICC 6038 and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CICC 6047 at optimal inoculum ratio. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 123-140.
- Ghoneem, G., Ismail, M., El-Boraey, N., Tabekha, M., ve Elashrey, H. (2018). Optimal combination of soy, buffalo, and cow's milk in bioyogurt for optimal chemical, nutritional, and health benefits. *Journal of the American College of Nutrition*, 37(1), 8-16.
- Girma, A., ve Aemiro, A. (2021). Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from fermented Ethiopian traditional dairy products against food spoilage and pathogenic bacterial strains. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 9978561.

- Gnanarathna, K. A. D. C., Jayasumana, M. T. L. K., Weragama, K. W. D. P., Gunasekara, D. C. S., Weerasingha, W. V. V. R., Chandrasekara, A., ve Prasanna, P. H. P. (2022). Physicochemical and sensory attributes of inulin incorporated set yoghurt prepared using cow and buffalo milk. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 50(3), 651-661.
- Gong, X., Geng, H., Yang, Y., Zhang, S., He, Z., Fan, Y., ve Chen, G. Q. (2023). Metabolic engineering of commensal bacteria for gut butyrate delivery and dissection of host-microbe interaction. *Metabolic Engineering*, 80, 94-106.
- Groves, H. T., Higham, S. L., Moffatt, M. F., Cox, M. J., ve Tregoning, J. S. (2020). Respiratory viral infection alters the gut microbiota by inducing inappetence. *American Society for Microbiology*, 11(1), 10-1128.
- Grujović, M. Ž., Mladenović, K. G., Semedo-Lemsaddek, T., Laranjo, M., Stefanović, O. D., ve Kocić-Tanackov, S. D. (2022). Advantages and disadvantages of non-starter lactic acid bacteria from traditional fermented foods: Potential use as starters or probiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1537-1567.
- Gu, Y., Li, X., Chen, H., Guan, K., Qi, X., Yang, L., ve Ma, Y. (2021). Evaluation of FAAs and FFAs in yogurts fermented with different starter cultures during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103666.
- Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M. A., Barua, S., Sharma, N., Olatunji, O. J., ... ve Sahu, J. K. (2023). Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 170, 113046.
- Gün, İ., ve Şimşek, B. (2006). Burdur ilinde üretilen Akçakatık peynirlerinin yağ asitleri düzeyinin belirlenmesi. *Türkiye*, 9, 26-26.
- Güzeler, N., Ari, E., Konuray, G., ve Özbek, Ç. (2019). Physicochemical and microbiological properties of kefir, kefir yogurt and chickpea yogurt. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 13(7), 189-92.
- Güzeler, N., Özbek, Ç., ve Kalender, M. (2022). Assessment of aroma profiles and mineral content of buffalo yogurt marketed in Cukurova region of Turkey. *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 1(1), 35-42.
- Hamad, G., Ombarak, R. A., Eskander, M., Mehany, T., Anees, F. R., Elfayoumy, R. A., ve Abou-Alella, S. A. E. (2022). Detection and inhibition of *Clostridium botulinum* in some Egyptian fish products by probiotics cell-free supernatants as bio-preservation agents. *Food Science Technology*, 163, 113603.
- Han, X., Lee, F. L., Zhang, L., ve Guo, M. R. (2012). Chemical composition of water buffalo milk and its low-fat symbiotic yogurt development. *Functional Foods in Health and Disease*, 2(4), 86-106.

- Han, J., Wang, Y., Song, D., Lu, Z., Dong, Z., Miao, H., ve Li, A. (2018). Effects of *Clostridium butyricum* and *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune function and volatile fatty acid level of caecal digesta in broilers. *Food and Agricultural Immunology*, 29(1), 797-807.
- Han, B., Liang, S., Sun, J., Tao, H., Wang, Z., Liu, B., ... ve Wang, J. (2024). The effect of *Lactobacillus plantarum* on the fecal microbiota, short chain fatty acids, odorous substances, and blood biochemical indices of cats. *Microorganisms*, 12(1), 91.
- Harrigan, W. F. (1998). Laboratory methods in food microbiology. Gulf professional publishing.
- Hati, S., Patel, M., Mishra, B. K., ve Das, S. (2019). Short-chain fatty acid and vitamin production potentials of *Lactobacillus* isolated from fermented foods of Khasi Tribes, Meghalaya, India. *Annals of Microbiology*, 69, 1191-1199.
- Hegab, O. W., Abdel-Latif, E. F., Zaki, H. M., ve Moawad, A. A. (2021). Fundamental role of *Lactobacillus plantarum* and inulin in improving safety and quality of Karish cheese. *Open Veterinary Journal*, 11(3), 356-363.
- Helal, A., Rashid, N., Dyab, M., Otaibi, M., ve Alnemr, T. (2018). Enhanced functional, sensory, microbial and texture properties of low-fat set yogurt supplemented with high-density inulin. *Journal of Food Processing & Beverages*, 6(1), 1-11.
- Hossain, M. A., Hoque, M. M., Ahmed, M. M., ve Ahmed, T. (2024). Probiotic yoghurt-like fermented milk product enriched with *Lactobacillus desidiosus* and *Lactobacillus fermentum*: proximate composition, physicochemical, microbiological, and sensory evaluation during refrigerated storage. *Discover Food*, 4(1), 24.
- Hotchkiss, A.T., Jr., Renye, J.A., Jr., White, A.K., Nunez, A., Guron, G.K.P., Chau, H., Simon, S., Poveda, C., Walton, G., Rastall, R., (2022). Cranberry arabinoxylglucan and pectic oligosaccharides induce *lactobacillus* growth and short-chain fatty acid production. *Microorganisms*, 10(7), 1346.
- Hu, R., Zeng, F., Wu, L., Wan, X., Chen, Y., Zhang, J., ve Liu, B. (2019). Fermented carrot juice attenuates type 2 diabetes by mediating gut microbiota in rats. *Food & Function*, 10(5), 2935-2946.
- Huang, L., Abdel-Hamid, M., Romeih, E., Zeng, Q. K., Yang, P., Walker, G., ve Li, L. (2020). Textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt as affected by polydextrose. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1-8.
- Hussien, H., Abd-Rabou, H. S., ve Saad, M. A. (2022). The impact of incorporating *Lactobacillus acidophilus* bacteriocin with inulin and FOS on yogurt quality. *Scientific Reports*, 12(1), 13401.
- Ibrahim, A. H., ve Khalifa, S. A. (2015). The effects of various stabilizers on physiochemical properties of camel's milk yoghurt. *Journal of American Science*, 11(1), 15-24.

- Ibrahim, S. A., Ayivi, R. D., Zimmerman, T., Siddiqui, S. A., Altemimi, A. B., Fidan, H., ve Bakhshayesh, R. V. (2021). Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention. *Foods*, 10(12), 3131.
- Ismail, M. M., Tabekha, M. M., Ghoniem, G. A., EL-Boraey, N. A., ve Elashrey, H. F. A. (2016). Chemical composition, microbial properties and sensory evaluation of yoghurt made from admixture of buffalo, cow and soy milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(6), 299-306.
- Jang, H.J., Lee, N.K., Paik, H.D., (2021). *Lactobacillus plantarum* G72 Showing Production of Folate and Short-chain Fatty Acids. *The Korean Society for Microbiology and Biotechnology*, 49, 18-23.
- 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 Dairy Science*, 99, 221–227.
- Jiang, Y., Liu, Y., Yang, X., Pan, R., Mou, L., Jiang, W., ve Jiang, M. (2023). Compartmentalization of a synergistic fungal-bacterial consortium to boost lactic acid conversion from lignocellulose via consolidated bioprocessing. *Green Chemistry*, 25(5), 2011-2020.
- Jooyandeh, H., Momenzadeh, S., Alizadeh Behbahani, B., ve Barzegar, H. (2023). Effect of *Malva neglecta* and lactulose on survival of *Lactobacillus fermentum* and textural properties of synbiotic stirred yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1136-1143.
- Jovanovic, M., Zlatanovic, S., Micic, D., Bacic, D., Mitic-Culafic, D., Đuris, M.; Gorjanovic, S., (2021). Functionality and palatability of yogurt produced using beetroot pomace flour granulated with lactic acid bacteria. *Foods*, 10(8),1696.
- Kalender, M., ve Güzeler, N. (2014). Farklı oranlarda inülin ilavesinin yağı azaltılmış süzme yoğurtların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 21-34.
- Kandil, M. (2019). Bazı probiyotik bakterilerin gelişmesi üzerine ksantan gaminin etkisi. Uludağ University, Graduate School of Natural and Applied Science, 168.
- Kang, C.H., Kim, J.S., Park, H.M., Kim, S., Paek, N.S., (2021). Antioxidant activity and short-chain fatty acid production of lactic acid bacteria isolated from Korean individuals and fermented foods. *Biotech*, 11, 217.
- Karadağ, H., Tunçer, S., Karaçam, S., & Gurbanov, R. (2022). Tapioca starch and skim milk support probiotic efficacy of *Lactiplantibacillus plantarum* post-fermentation medium against pathogens and cancer cells. *Archives of Microbiology*, 204(6), 331.
- Karagöl M.A. (2024). Farklı *Lactobacillus* spp. Bakterilerinin Manda Sütünden Üretilen Yoğurtların Biyoaktif, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri ile Uçucu Organik

Bileşiklerin Oluşumuna Etkilerinin Araştırılması. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Karki, T., Shrestha, S., Bohara, B., ve Jyakhwa, U. (2013). Characterization and Comparison of Soy Milk and Buffalo Milk Based Synbiotic Product. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 8, 23-29.
- Kaur, N., ve Gupta, A. K. (2002). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Biosciences*, 27, 703-714.
- Kaźmierczak-Siedlecka, K., Daga, A., Folwarski, M., Witkowski, J. M., Bryl, E., ve Makarewicz, W. (2020). The role of *Lactobacillus plantarum* 299v in supporting treatment of selected diseases. *Central European Journal of Immunology*, 45(4), 488-493.
- Khalifa, M. I., ve Zakaria, A. M. (2019). Physiochemical, sensory characteristics and acceptability of a new set yogurt developed from camel and goat milk mixed with buffalo milk. *Animal Veterinary Science*, 7(3), 172-177.
- Khetra, Y., Meena, G. S., ve Arora, S. (2022). Buffalo milk and its products: composition, nutrition and benefits. In *Biotechnological Applications in Buffalo Research*, 121-143.
- Koh, A., De Vadder, F., Kovatcheva-Datchary, P., ve Bäckhed, F. (2016). From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*, 165(6), 1332-1345.
- Korbekandi, H., Mortazavian, A. M., ve Iravani, S. (2011). Technology and stability of probiotic in fermented milks. *Probiotic and prebiotic foods: Technology, stability and benefits to the human health*, 1, 131-167.
- Kullar, R., Goldstein, E.J.C., Johnson, S., McFarland, L.V., (2023). *Lactobacillus* bacteremia and probiotics: a review. *Microorganisms*, 11(4), 896.
- Kumar, J., Rani, K., ve Datt, C. (2020). Molecular link between dietary fibre, gut microbiota and health. *Molecular Biology Reports*, 47(8), 6229-6237.
- Kumar, V., Ahire, J. J., ve Taneja, N. K. (2024). Techno-functional assessment of riboflavin-enriched yogurt-based fermented milk prepared by supplementing riboflavin-producing probiotic strains of *lactiplantibacillus plantarum*. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 16(1), 152-162.
- Kutlu, H. B. (2018). Yağı azaltılmış dondurma üretiminde yağ ikamesi olarak mikrobiyal transglutaminazdan (MTG) yararlanma olanakları. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 105.
- Lang, F., Wen, J., Wu, Z., Pan, D., Wang, L., (2021). Evaluation of probiotic yoghurt by the mixed culture with *Lactobacillus plantarum* A3. *Food Science and Human Wellness*, 11, 323-331. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.11.006>.

- Liu, L., Li, Q., Yang, Y., & Guo, A. (2021). Biological function of short-chain fatty acids and its regulation on intestinal health of poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 736739.
- Liu, J., Huang, T. Y., Liu, G., Ye, Y., Soteyome, T., Seneviratne, G., ... ve Kjellerup, B. V. (2022). Microbial interaction between *Lactiplantibacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*: transcriptome level mechanism of cell-cell antagonism. *Microbiology spectrum*, 10(5), e01433-22.
- Maldonado Galdeano, C., Cazorla, S. I., Lemme Dumit, J. M., Vélez, E., ve Perdigón, G. (2019). Beneficial effects of probiotic consumption on the immune system. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 74(2), 115-124.
- Martin-Gallausiaux, C., Marinelli, L., Blottière, H. M., Larraufie, P., ve Lapaque, N. (2021). SCFA: mechanisms and functional importance in the gut. *Proceedings of the Nutrition Society*, 80(1), 37-49.
- Massoud, R., ve Zoghi, A. (2022). Potential probiotic strains with heavy metals and mycotoxins bioremoval capacity for application in foodstuffs. *Journal of Applied Microbiology*, 133(3), 1288-1307.
- McLoughlin, R. F., Berthon, B. S., Jensen, M. E., Baines, K. J., ve Wood, L. G. (2017). Short-chain fatty acids, prebiotics, synbiotics, and systemic inflammation: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 106(3), 930-945.
- Melia, S., Juliyarsi, I., Kurnia, Y. F., Pratama, Y. E., ve Pratama, D. R. (2020). The quality of fermented goat milk produced by *Pediococcus acidilactici* BK01 on refrigerator temperature. *Biodiversitas* 21(10), 4591-4596.
- Mensink, M. A., Frijlink, H. W., van der Voort Maarschalk, K., ve Hinrichs, W. L. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide. II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydrate Polymers*, 134, 418-428.
- Moghiseh, N., Arianfar, A., Salehi, E. A., ve Rafe, A. (2021). Effect of inulin/kefir mixture on the rheological and structural properties of mozzarella cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 1079-1086.
- Munteanu-Ichim, R. A., Canja, C. M., Lupu, M., Bădăraș, C. L., ve Matei, F. (2024). Tradition and Innovation in Yoghurt From a Functional Perspective A Review. *Fermentation*, 10(7), 357.
- Murtaza, M. A., Anees-Ur-Rehman, M., Hafiz, I., Ameer, K., ve Celik, O. F. (2022). Effects of probiotic adjuncts on physicochemical properties, organic acids content, and proteolysis in cheese prepared from buffalo milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(3), e16385.
- Nahar, A., Al-Amin, M., Alam, S. M. K., Wadud, A., ve Islam, M. N. (2007). A comparative study on the quality of Dahi (yoghurt) prepared from cow, goat and buffalo milk. *International Journal of Dairy Science*, 2(3), 260-267.

- Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V., ve Yadav, H. (2020). Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*, 19, 1-22.
- Nemati, V., Hashempour-baltork, F., Alizadeh, A. M., ve Varzakas, T. (2023). Production of traditional torba yogurt using lactic acid bacteria isolated from fermented vegetables: Microbiological, physicochemical and sensory properties. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100850.
- Ney, L. M., Wipplinger, M., Grossmann, M., Engert, N., Wegner, V. D., ve Mosig, A. S. (2023). Short chain fatty acids: key regulators of the local and systemic immune response in inflammatory diseases and infections. *Open Biology*, 13(3), 230014.
- Nguyen, H. T. H., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, S. E., ve Gras, S. L. (2014). The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: A comparison with bovine yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 937-953.
- Noguera-Fernández, N., Candela-González, J., ve Orenes-Piñero, E. (2024). Probiotics, prebiotics, fecal microbiota transplantation, and dietary patterns in inflammatory bowel disease. *Molecular Nutrition & Food Research*, 68(18), 2400429.
- Obayomi, O. V., Olaniran, A. F., & Owa, S. O. (2024). Unveiling the role of functional foods with emphasis on prebiotics and probiotics in human health: A review. *Journal of Functional Foods*, 119, 106337.
- Odun-Ayo, F., ve Reddy, L. (2022). Gastrointestinal microbiota dysbiosis associated with SARS-CoV-2 infection in colorectal cancer: the implication of probiotics. *Gastroenterology Insights*, 13(1), 35-59.
- Okumuş, M. (2019). Kaşar peynirinin fiziko-kimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine manda sütü kullanımının etkisi (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Özdemir, G. (2021). Sivas ili Manda Yetiştiricilerinin Üretim ve Pazarlama Durumu. *Firat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 35(3).
- Özer, C. O., Kılıç, B., ve Kılıç, G. B. (2016). In-vitro microbial production of conjugated linoleic acid by probiotic *L. plantarum* strains: Utilization as a functional starter culture in sucuk fermentation. *Meat Science*, 114, 24-31.
- Özmert Ergin, S., Gün, İ., Kara, R., Soyuçok, A., ve Albayrak Karaoğlu, A. (2024). The physicochemical, textural, microbiological and sensory properties of skimmed 86 buffalo milk yoghurt with tragacanth gum during Storage. *Food Technology and Biotechnology*, 62(2), 205-217.
- Palamutoğlu, M. İ., ve Baş, M. (2020). Traditional fermented foods of Turkey. *Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 200-220.

- Patır, B., Güven, A., Saltan, S., (1995). Elazığ'da Tüketime Sunulan Kahvaltılık Tereyağlarının Kalitesi Üzerinde Araştırmalar. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 11(1), 77-81.
- Pekçalışkan, E. Y., İnal, C., Yerlikaya, O., Kesenkaş, H., ve Uysal, H. R. (2023). İnülin ve *Bifidobacterium* spp. kullanılarak üretilen sinbiyotik yoğurtların bazı özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(2), 303-316.
- Peng, Q., Yang, j., Wang, Q., Suo, H., Hamdy, A.M., Song, J., (2023). Antifungal effect of metabolites from a new strain *Lactiplantibacillus plantarum* LPP703 isolated from naturally fermented yak yogurt. *Foods*, 12, 181.
- Pyo, Y., Kwon, K. H., ve Jung, Y. J. (2024). Probiotic functions in fermented foods: anti-viral, immunomodulatory, and anti-cancer benefits. *Foods*, 13(15), 2386.
- Rahman, M. S., Emon, D. D., Nupur, A. H., Mazumder, M. A. R., Iqbal, A., ve Alim, M. A. (2024). Isolation and characterization of probiotic lactic acid bacteria from local yogurt and development of inulin-based synbiotic yogurt with the isolated bacteria. *Applied Food Research*, 4(2), 100457.
- Ramirez-Farias, C., Slezak, K., Fuller, Z., Duncan, A., Holtrop, G., ve Louis, P. (2008). Effect of inulin on the human gut microbiota: stimulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Faecalibacterium prausnitzii*. *British Journal of Nutrition*, 101(4), 541-550.
- Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E. J., ve Alvarez-Ramírez, J. (2010). Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus* L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229-235.
- Reeta, K. S., Ankita, J., ve Ramadevi, N. (2015). Fortification of yoghurt with health-promoting additives: a review. Research and Reviews: *Journal of Food and Dairy Technology*, 3(3), 9-17.
- Riar, H., Goel, N., (2021). Advancements in functionality and quality characteristic of yoghurt a fermented dairy product: a review. *Environment Conservation Journal*, 22, 49-54.
- Ribeiro, A. D. S., SILVA, M. N. D., Tagliapietra, B. L., BRUM, B. D. S., Ugalde, M. L., ve Richards, N. S. P. D. S. (2019). Development of symbiotic yoghurt and biological evaluation (New Zealand White Rabbits) of its functional properties. *Food Science and Technology*, 39(2), 418-425.
- Ritsema, T., ve Smeekens, S. C. (2003). Engineering fructan metabolism in plants. *Journal of Plant Physiology*, 160(7), 811-820.
- Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., ve Meheust, A. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), S1-S63.

- Rodriguez, J., Neyrinck, A. M., Van Kerckhoven, M., Gianfrancesco, M. A., Renguet, E., Bertrand, L., ve Delzenne, N. M. (2022). Physical activity enhances the improvement of body mass index and metabolism by inulin: a multicenter randomized placebo-controlled trial performed in obese individuals. *BMC medicine*, 20(1), 110.
- Rousseau, V., Lepargneur, J. P., Roques, C., Remaud-Simeon, M., ve Paul, F. (2005). Prebiotic effects of oligosaccharides on selected vaginal lactobacilli and pathogenic microorganisms. *Anaerobe*, 11(3), 145-153.
- Sabzichi Esfahlan, A., Hesari, J., ve Peighambardoust, S. H. (2023). Effects of probiotic strains and prebiotic compounds on physicochemical, Microbiological and sensory properties of Buffalo synbiotic yogurt. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(133), 237-247.
- Sakandar, H. A., ve Zhang, H. (2021). Trends in Probiotic (s)-Fermented milks and their in vivo functionality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 55-65.
- Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., Supawan, T., Khawsud, A., Aumpa, P., ve Renaldi, G. (2021). Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 119, 106873.
- Sanchez, B., Saad, N., Schmitter, J. M., Bressollier, P., ve Urdaci, M. C. (2010). Adhesive properties, extracellular protein production, and metabolism in the *Lactobacillus rhamnosus* GG strain when grown in the presence of mucin. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20(6), 978-984.
- Sarkar, B., Chakrabarti, P.P., Vijaykumar, A., Kale, V., (2005). Wastewater treatment in dairy industriespossibility of reuse. *Desalination*, 195: 141-152.
- Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhao, X., Zhang, J., ud Din, J., ve Yang, Z. (2019). Physicochemical and microbiological properties of synbiotic yogurt made with probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* in combination with inulin. *Foods*, 8(10), 468.
- Savaiano, D. A., ve Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5), 599-614.
- Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., ve Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food microbiology*, 25(1), 13-21.
- Shah, A.M., Tarfeen, N., Mohamed, H., Song, Y., (2023). Fermented foods: their health-promoting components and potential effects on gut microbiota. *Fermentation*, 9, 118.
- Shin, Y., Han, S., Kwon, J., Ju, S., Choi, T. G., Kang, I., ve Kim, S. S. (2023). Roles of short-chain fatty acids in inflammatory bowel disease. *Nutrients*, 15(20), 4466.

- Sidira, M., Santarmaki, V., Kiourtzidis, M., Argyri, A. A., Papadopoulou, O. S., Chorianopoulos, N., ... ve Kourkoutas, Y. (2017). Evaluation of immobilized *Lactobacillus plantarum* 2035 on whey protein as adjunct probiotic culture in yoghurt production. *Food Science and Technology*, 75, 137-146.
- Silva, Y.P., Bernardi, A., Frozza, R.L., (2020). The role of short-chain fatty acids from gut microbiota in gut-brain communication. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 25.
- Singh, T. P., Verma, A. K., Rajkumar, V., Chatli, M. K., Arora, S., ve Rai, B. (2024). Investigating the impact of milk protein, inulin, and honey on quality attributes of goat milk yoghurt. *Journal of Food Science and Technology*, 61, 1598-1608.
- Soltanzadeh, M., Peighambaroust, S. H., Ghanbarzadeh, B., Mohammadi, M., ve Lorenzo, J. M. (2021). Chitosan nanoparticles encapsulating lemongrass (*Cymbopogon commutatus*) essential oil: Physicochemical, structural, antimicrobial and in-vitro release properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 1084-1097.
- Soyuçok, A., Ekiz, T., ve Başı ıt Kılıç, G. (2016). Ekzopolisakkaritlerin  zellikleri ve gıda sanayindeki  nemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 332-344.
- Soyuçok, A., ve Kılıç, G. B. (2017). Süt kaynaklı olmayan probiyotik gıdalar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12), 1615-1625.
- S k t, C., Kılıç, G. B., Barın, S., ve Albayrak, A. (2021). Aloe Vera Jel  ce i ile Zenginle tilmi  Probiyotik Yoğurt  retimi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 287-296.
- Srisuvor, N., Chinprahast, N., Prakitchaiwattana, C., ve Subhimaros, S. (2013). Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana pur e. *Food Science and Technology*, 51(1), 30-36.
- Stijepi , M., Gruji , R., Malinovi , N., ve Stijepi , I. (2023). Physicochemical and microbiological properties of probiotic yoghurt enriched with inulin and honey. *Journal of Hygienic Engineering & Design*, 42.
- Sun, J., Zhao, C., Pu, X., Li, T., Shi, X., Wang, B., ve Cheng, W. (2022). Flavor and functional analysis of *Lactobacillus plantarum* fermented apricot juice. *Fermentation*, 8(10), 533.
- Sunmola, A. A., Ogbole, O. O., Faleye, T. O., Adetoye, A., Adeniji, J. A., ve Ayeni, F. A. (2019). Antiviral potentials of *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus amylovorus*, and *Enterococcus hirae* against selected *Enterovirus*. *Folia Microbiologica*, 64, 257-264.
-  anlier, N., G kcen, B. B., ve Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 506-527.

- Tabatabaie, F., ve Mortazavi, A. (2008). Influence of Lactulose on the survival of probiotic strains in yoghurt. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 88-90.
- Tamang, J.P., Cotter, P.D., Endo, A., Han, N.S., Kort, R., Liu, S.Q., Mayo, B., Westerik, N., Hutkins, R., (2020). Fermented foods in a global age: east meets west. *Comprehensive Reviews Food Science Food Safety*, 19, 184–217.
- Tamer, C. E., Incedayi, B., Aydogan, N., ve Copur, O. U. (2004, September). Some of our traditional fermented foods and their effects on health. In *Traditional Foods Symposium*, 22-24.
- Temiz, H., ve Karagöl, M. A. (2024). Farklı *Lactobacillus* Spp. Bakterilerinin, Manda Sütünden Üretilen Yoğurtların Biyoaktif, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri ile Uçucu Organik Bileşiklerin Oluşumuna Etkilerinin Araştırılması. *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, 155.
- Terzioğlu, M., ve Bakırcı, İ. (2022). Buffalo milk and yogurt in dairy technology. *International Symposium on Advanced Engineering Technologies*, 293-296.
- Terzioğlu, M., ve Bakırcı, İ. (2023). Effect of banana and ABT-2 probiotic culture use on quality parameters and microstructure of buffalo yoghurt. *Journal Of Food Safety And Food Quality-Archiv Fur Lebensmittelhygiene*, 74, 171-179.
- Terzioğlu, M. E., Bakırcı, İ., Oz, E., Brennan, C. S., Huppertz, T., Amarowicz, R., ve Oz, F. (2023). Comparison of camel, buffalo, cow, goat, and sheep yoghurts in terms of various physicochemical, biochemical, textural and rheological properties. *International Dairy Journal*, 146, 105749.
- Tian, H., Shen, Y., Yu, H., He, Y., ve 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.
- Tian, H., Shi, Y., Zhang, Y., Yu, H., Mu, H., ve 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), e12837.
- Tomás-Pejó, E., Gonzalez-Fernandez, C., Greses, S., Kennes, C., Otero-Logilde, N., Veiga, M. C., ve Passoth, V. (2023). Production of short-chain fatty acids (SCFAs) as chemicals or substrates for microbes to obtain biochemicals. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 16(1), 96.
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. ‘Çiğ Süt Üretim İstatistikleri, 2022. <https://data.tuik.gov.tr>
- Türkmen, N., ve Gürsoy, A. (2017). Fonksiyonel dondurma. *Akademik Gıda*, 15(4), 386-395.
- Tüzün, C. G., ve Çiftçi, İ. (2010). Kanatlılarda sağlıklı bağırsak mikrobiyotası gelişimi üzerine beslemenin etkileri. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 9(1), 48-55.

- Valan Arasu, M., Jung, M. W., Ilavenil, S., Jane, M., Kim, D. H., Lee, K. D., ve Choi, K. C. (2013). Isolation and characterization of antifungal compound from *Lactobacillus plantarum* KCC-10 from forage silage with potential beneficial properties. *Journal of Applied Microbiology*, 115(5), 1172-1185.
- Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Maggiolino, A., Faccia, M., Franco, D., De Palo, P., ve Lorenzo, J. M. (2021). Buffalo milk as a source of probiotic functional products. *Microorganisms*, 9(11), 2303.
- Vera-Santander, V.E., Hernández-Figueroa, R.H., Jiménez-Munguía, M.T., Mani-López, E., López-Malo, A., (2023). Health benefits of consuming foods with bacterial probiotics, postbiotics, and their metabolites: a review. *Molecules*, 28, 1230.
- Walsh, A. M., Crispie, F., Kilcawley, K., O'Sullivan, O., O'Sullivan, M. G., Claesson, M. J., ve Cotter, P. D. (2016). Microbial succession and flavor production in the fermented dairy beverage kefir. *Msystems*, 1(5), 10-1128.
- Wan, X., Guo, H., Liang, Y., Zhou, C., Liu, Z., Li, K., ve Wang, L. (2020). The physiological functions and pharmaceutical applications of inulin: A review. *Carbohydrate polymers*, 246, 116589.
- Wang, D., Liu, C. D., Li, H. F., Tian, M. L., Pan, J. Q., Shu, G., ve Zhang, L. (2020). LSD1 mediates microbial metabolite butyrate-induced thermogenesis in brown and white adipose tissue. *Metabolism*, 102, 154011.
- Wang, B., Zhou, Y., Mao, Y., Gong, L., Li, X., Xu, S., Wang, F., Guo, Q., Zhang, H., Li, W., (2021). Dietary supplementation with *Lactobacillus plantarum* ameliorates compromise of growth performance by modulating short-chain fatty acids and intestinal dysbiosis in broilers under *Clostridium perfringens* challenge. *Frontier Nutrition*, 8, 706148.
- Woo, J. Y., Gu, W., Kim, K. A., Jang, S. E., Han, M. J., ve Kim, D. H. (2014). *Lactobacillus pentosus* var. *plantarum* C29 ameliorates memory impairment and inflammaging in a D-galactose-induced accelerated aging mouse model. *Anaerobe*, 27, 22-26.
- Xiong, R.-G., Zhou, D.-D., Wu, S.-X., Huang, S.-Y., Saimaiti, A., Yang, Z.-J., Shang, A., Zhao, C.-N., Gan, R.-Y., Li, H.-B., (2022). Health benefits and side effects of short-chain fatty acids. *Foods*, 11, 2863.
- Yadav, V., Gupta, V. K., ve Meena, G. S. (2018). Effect of culture levels, ultrafiltered retentate addition, total solid levels and heat treatments on quality improvement of buffalo milk plain set yoghurt. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 1648-1655.

- Yalçın, H., Gün, İ., ve Soyuçok, A. (2022). Psyllium, bezelye ve yulaf diyet liflerinin depolama süresi boyunca ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 26(3), 336-348
- Yalçınkaya, S., Kılıç, G. B., ve Çakmakçı, A. G. K. (2019). The importance of gamma aminobutyric acid produced by lactic acid bacteria. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(8), 1094-1099.
- Yang, T., Wu, K., Wang, F., Liang, X., Liu, Q., Li, G., ve Li, Q. (2014). Effect of exopolysaccharides from lactic acid bacteria on the texture and microstructure of buffalo yoghurt. *International Dairy Journal*, 34(2), 252-256.
- Yapa, D., Rasika, D. M. D., Weerathilake, W. A. D. V., Siriwardhana, J., & Priyashantha, H. (2023). Effects of fermenting with *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG on quality attributes and storage stability of buffalo milk yogurt incorporated with bael (*Aegle marmelos*) fruit pulp *NFS Journal*, 31, 102-109
- Ye, J., Yang, R., Liu, C., Luo, S., Chen, J., Hu, X., ve Wu, J. (2018). Improvement in freeze-thaw stability of rice starch gel by inulin and its mechanism. *Food Chemistry*, 268, 324-333.
- Yi, L., Min, J. T., Jun, C. L., Long, H. X., Khoo, H. E., Ying, Z. J., ve Le, S. J. (2024). Buffalo yogurt fermented with commercial starter and *Lactobacillus plantarum* originating from breast milk lowered blood pressure in pregnant hypertensive rats. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 62-73.
- Zhang, D., Jian, Y. P., Zhang, Y. N., Li, Y., Gu, L. T., Sun, H. H., ve Xu, Z. X. (2023). Short-chain fatty acids in diseases. *Cell Communication and Signaling*, 21(1), 212.