

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLER İLE ÜRETİLEN
PARAPROBİYOTİKLERİ İÇEREN FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN
FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Işıl KAAAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2025
ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLER İLE ÜRETİLEN
PARAPROBİYOTİKLERİ İÇEREN FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN
FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Işıl KAAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2025

ANTALYA

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

**FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLER İLE ÜRETİLEN
PARAPROBİYOTİKLERİ İÇEREN FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN
FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Işıl KAAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FBA-2024-6443 nolu proje ile desteklenmiştir.**

MAYIS 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLER İLE ÜRETİLEN
PARAPROBİYOTİKLERİ İÇEREN FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN
FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Işıl KAAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 28/05/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Doç. Dr Sinan UZUNLU

ÖZET

FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLER İLE ÜRETİLEN PARAPROBİYOTİKLERİ İÇEREN FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Işıl KAAN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Mayıs 2025; 74 sayfa

Tez kapsamında, *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşları kullanılarak üretilen paraprobiyotik içeren ve içermeyen 6 farklı fermente süt içeceği 4°C’de 30 gün süresince depolanmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde fermente süt içeceklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri tespit edilmiştir. Fermente süt içeceklerinin pH, titrasyon asitliği ve ekzopolisakkarit değerlerinin sırasıyla 3.52-4.52, %0.71-1.58 ve 1.02-1.63 g/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinin ekzopolisakkarit miktarlarının, *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fermente süt içeceklerinin görünür viskozite değerlerinin 0.146-0.179 Pa.s, akış davranış indeksi değerlerinin 0.27-0.34 ve kıvam katsayısı değerlerinin 1.32-2.17 Pa.sⁿ arasında değiştiği saptanmıştır. İnkübasyondan önce paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinde belirlenen radikal süpürücü aktivite ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite değerlerinin, paraprobiyotik eklenmeyen ve inkübasyondan sonra paraprobiyotik eklenerek üretilen örneklerle göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fermente süt içeceklerindeki *L. rhamnosus* GG ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayılarının depolama süresinin uzamasına bağlı olarak azaldığı, bununla birlikte depolama süresinin sonunda 8.00 log kob/g düzeyini koruduğu belirlenmiştir. Fermente süt içeceklerinin *Bacillus cereus* NCTC 9946, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 35218 ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* DSM 18522 patojen suşlarına karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği saptanmıştır. Fermente süt içeceklerine ait görünüş, tat, tekstür ve genel beğeni puanları sırasıyla 5.07-7.57, 5.07-6.86, 4.71-7.50 ve 4.78-7.14 aralığında değişmiş ve en yüksek genel beğeni puanlarının *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerine ait olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: *Bifidobacterium*, Fermente süt, İnaktif probiyotik, *Lactocaseibacillus*

JÜRİ: Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Doç. Dr. Sinan UZUNLU

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FERMENTED MILK BEVERAGES CONTAINING PARAPROBIOTICS PRODUCED WITH DIFFERENT PROBIOTIC BACTERIA

Işıl KAAAN

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

May 2025; 74 pages

In this study, six different fermented dairy beverages, containing and not containing paraprobiotics, were produced using *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 strains. The fermented milk beverages were stored at 4°C for 30 days, and their physicochemical, microbiological, and sensory properties were examined during the storage period. The pH, titratable acidity and exopolysaccharide values of fermented milk beverages ranged between 3.52-4.52, 0.71-1.58%, and 1.02-1.63 g/kg, respectively. The exopolysaccharide content of fermented milk beverages produced using *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 was higher than that of fermented milk beverages produced with *L. rhamnosus* GG. The apparent viscosity values of fermented milk beverages ranged between 0.146-0.179 Pa.s, flow behaviour index values ranged between 0.27-0.34 and coefficient of consistency values ranged between 1.32-2.17 Pa.s. The radical scavenging activity and antioxidant capacity values of fermented milk beverages were determined as higher in fermented milk beverages produced by adding paraprobiotic before incubation compared to the samples produced without paraprobiotic and after incubation by adding paraprobiotic. Although the counts of *L. rhamnosus* GG and *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 in fermented milk beverages decreased due to the extension of storage time, the level of 8 log cfu/g was found in all fermented milk beverages. Fermented milk beverages showed antibacterial activity against *Bacillus cereus* NCTC 9946, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 35218 and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* DSM 18522 pathogenic strains. The appearance, taste, texture and general appreciation scores of fermented milk drinks ranged between 5.07-7.57, 5.07-6.86, 4.71-7.50, 4.78-7.14, respectively, and the highest general appreciation scores were the fermented milk drinks produced with *B. animalis* subsp. *lactis* BB12.

KEYWORDS: *Bifidobacterium*, Fermented milk, Inactive probiotic, *Lacticaseibacillus*

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Firuze ERGİN ZEREN

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Assoc. Prof. Dr. Sinan UZUNLU

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşlarının paraprobiyotik olarak süte inkübasyondan önce ve ürüne inkübasyondan sonra eklenmesinin fermente süt içeceklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarının konu ile ilgili yapılacak yeni ürün geliştirmeye yönelik sonraki çalışmalar için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Öğrenciliğim ve tez çalışmam süresince yalnızca bilgi, deneyim ve akademik rehberliğiyle değil, aynı zamanda bir insan olarak bana ilham veren; her sorumu sabırla dinleyen, yolumu kaybettiğimi hissettiğim anlarda dahi sakinliğiyle bana ışık tutan çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Firuze ERGİN ZEREN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Akdemik yolcuğumda değerli bilgi ve yönlendirmeleriyle gelişime katkı sağlayan bölümümüz öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN'e teşekkürü bir borç bilirim. Tez sürecimde sağladıkları destek ve gösterdikleri anlayış için Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görev yapan tüm değerli öğretim üyelerine teşekkür ederim. Tez sürecim boyunca laboratuvar çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimiyle her zaman yanımda olan, doktora öğrencisi Gülderen COŞGUN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu yoğun ve zaman zaman zorlayıcı sürecin her anında yanımda olan, moral ve motivasyon desteği sağlayarak katkıda bulunan tüm arkadaşlarıma da gönülden teşekkür ederim. Varlıklarıyla, bu süreci dayanılır, anlamlı ve keyifli kılmışlardır. Projeye verdikleri desteklerden ötürü Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiren, şu an bulunduğum noktada olmamda en büyük payın sahibi olan aileme en içten duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	2
2.1. Probiyotiklerin Tanımı ve Genel Özellikleri.....	2
2.2. Paraprobiyotiklerin Tanımı	5
2.3. Paraprobiyotiklerin Üretim ve Elde Edilme Yöntemleri.....	5
2.4. Paraprobiyotiklerin Etki Mekanizması ve Sağlık Etkileri.....	7
2.5. Paraprobiyotik Ürünler.....	10
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Materyal	14
3.2. Metot	14
3.2.1.Paraprobiyotiklerin hazırlanması.....	14
3.2.2.Fermente süt içeceklerinin üretimi	14
3.3. Analiz Yöntemleri	16
3.3.1.Fizikokimyasal analiz yöntemleri.....	16
3.3.1.1. Çiğ sütte yapılan analizler.....	16
3.3.1.2. Fermente süt içeceklerinde yapılan analizler	17
3.3.2.Mikrobiyolojik analizler	20
3.3.3.Tüketici kabul testi	20
3.3.4.İstatiksel analizler	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	22
4.1.1.Fermente süt içeceği üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi	22
4.1.2.Fermente süt içeceklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları	22
4.1.3.Fermente süt içeceklerine ait pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri	22
4.1.4.Fermente süt içeceklerine ait ekzopolisakkarit miktarları.....	26

4.1.5.Fermente süt içeceklerine ait serum ayrılması değerleri	28
4.1.6.Fermente süt içeceklerine ait reolojik analiz değerleri.....	31
4.1.7.Fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içerikleri	35
4.1.8.Fermente süt içeceklerinin anioksidan aktivite değerleri	37
4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	41
4.2.1.Fermente süt içeceklerine ait <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> GG ve <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayıları.....	41
4.2.2.Fermente süt içeceklerinin antibakteriyel zellikleri.....	45
4.3. Duyusal Analiz Sonuçları.....	52
5. SONUÇLAR	58
6. KAYNAKLAR.....	60
7. EKLER.....	72
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı probiyotik bakteriler ile üretilen paraprobiyotikleri içeren fermente süt içeceklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerinin araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28.05.2025

Işıl KAAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C : Santigrat derece

µg : Mikrogram

µm: Mikrometre

cm : Santimetre

cP : Centi-poise

dk : Dakika

g : Gram

kg : Kilogram

Kob/g : Koloni oluşturan birim bölü gram

L : Litre

m : Metre

m/s : Metre bölü saniye

mg : Miligram

mg TE/100 mL : Miligram Trolox Eşdeğeri bölü 100 mililitre

mL: Mililitre

mm : Milimetre

nm : Nanometre

Pa : Paskal

Pa.s : Paskal saniye

Pa/s : Paskal bölü saniye

R² : Regresyon katsayısı

rpm : Dakikadaki devir sayısı

s : Saniye

sa : Saat

Kısaltmalar

ABTS : 2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit

BB12 : *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12

BBK : *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği

BBÖ : İnkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen fermente süt ieeği

BBS : *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen fermente süt ieeği

DPPH : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

EPS : Ekzopolisakkarit

F : F değeri

KO : Kareler ortalaması

LGG : *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG

LRK : *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği

LRÖ : İnkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt ieeği

LRS : *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt ieeği

SD : Serbestlik derecesi

TPC : Toplam Fenolik Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Lactobacillus</i> 'a ait hücre duvarlarının şematik gösterimi	8
Şekil 2.2. <i>Bifidobacterium</i> 'a ait hücre duvarlarının şematik gösterimi	8
Şekil 3.1. Fermente süt içeceklerinin üretim şeması.....	16
Şekil 3.2. Fermente süt içeceklerinin tüketici kabul testi	21
Şekil 4.1. Fermente süt içeceklerine ait pH (a) ve titrasyon asitliği (%) (b) değerleri	23
Şekil 4.2. Fermente süt içeceklerine ait ortalama ekzopolisakkarit miktarları	26
Şekil 4.3. Fermente süt içeceklerine ait ortalama mL/ 100 mL serum ayrılması değerleri.....	29
Şekil 4.4. Fermente süt içeceklerinin görünür viskozite (a), ait akış davranış indeksi (b) ve kıvam katsayısı (c) değerleri.....	32
Şekil 4.5. Fermente süt içeceklerine ait toplam fenolik madde içerikleri.....	35
Şekil 4.6. Fermente süt içeceklerine ait radikal süpürücü aktivite (DPPH) (a) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) (b) değerleri	38
Şekil 4.7. Fermente süt içeceklerine ait ortalama <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG sayısı.....	41
Şekil 4.8. Fermente süt içeceklerine ait ortalama <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayısı.....	43
Şekil 4.9. Fermente süt içeceklerinin <i>Bacillus cereus</i> 'a (a) ve <i>Staphylococcus aureus</i> 'a (b) karşı ortalama inhibisyon zon çapı değerleri	46
Şekil 4.10. Fermente süt içeceklerinin <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> 'ya (a) ve <i>Escherichia coli</i> 'ye (b) karşı ortalama inhibisyon zon çapı değerleri.....	49
Şekil 4.11. Fermente süt içeceklerine ait ortalama duyu analizi değerleri	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Paraprobiyotik olarak kullanılan probiyotiklerin inaktivasyon yöntemleri ve bu yöntemlerin inaktivasyon mekanizmaları	6
Çizelge 2.2. Paraprobiyotiklerin gıdalarda kullanıldığı bazı çalışmalar	11
Çizelge 4.1. Fermente süt içeceklerine ait % kurumadde, protein miktarı, kül miktarı, yağ miktarı değerleri	22
Çizelge 4.2. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen pH ve titrasyon asitliği (%) değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları	24
Çizelge 4.3. Fermente süt içeceklerinin depolama süresince belirlenen pH ve titrasyon asitliği (%) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	24
Çizelge 4.4. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen ekzopolisakkarit miktarlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	27
Çizelge 4.5. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen ekzopolisakkarit miktarlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	27
Çizelge 4.6. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (mL) değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları	29
Çizelge 4.7. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (mL) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	30
Çizelge 4.8. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.9. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	34
Çizelge 4.10. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.11. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	36
Çizelge 4.12. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.13. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	39
Çizelge 4.14. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> GG sayılarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları	42

Çizelge 4.15. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG sayısına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.16. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayılarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.17. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayısına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.18. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince <i>Bacillus cereus</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> 'a karşı belirlenen inhibisyon zon çap değerlerine (mm) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.19. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince <i>Bacillus cereus</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> 'a karşı belirlenen inhibisyon zon çap (mm) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	48
Çizelge 4.20. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>Enterica</i> ve <i>Escherichia coli</i> 'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerine (mm) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.21. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> ve <i>Escherichia coli</i> 'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çap değerlerine (mm) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	50
Çizelge 4.22. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince görünüş puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.23. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	54
Çizelge 4.24. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tat, ekşilik ve aroma puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.25. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tat, ekşilik ve aroma puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	55
Çizelge 4.26. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.27. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi	56
Çizelge 4.28. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince genel beğeni puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.29. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince genel beğeni puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	57

1. GİRİŞ

İnsan yaşamındaki sosyal, ekonomik ve teknolojik faktörlerdeki gelişmeler bireylerin günlük beslenme düzenini değiştirmektedir. Bu doğrultuda ortaya çıkan taleplerin karşılanması için fonksiyonel gıdalar hayatımıza girmiştir. Fonksiyonel gıdalar, temel beslenme ihtiyaçlarını karşılayanın yanı sıra insan sağlığına faydalı gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Aydın 2022). Probiyotik mikroorganizma içeren gıdalar, tüketiciler tarafından kabul gören fonksiyonel ürünler arasında yer almaktadır (Sharma vd. 2021).

Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü (Food and Agriculture Organization/World Health Organization-FAO/WHO) tarafından probiyotikler “yeterli miktarda tüketildiğinde konak canlının sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (FAO 2002). Çeşitli mikroorganizma cinsleri ve türleri potansiyel probiyotik olarak kabul edilse de yaygın olarak kullanılan probiyotik bakteriler genellikle laktik asit bakterilerinin (LAB) suşlarıdır (Ayivi vd. 2020). Çalışmalar probiyotik mikroorganizmaların antikarsinojenik, antidiyabet, antimikrobiyal, antioksidan, obezite karşıtı, tansiyon düşürücü etkileri ile bağışıklık sistemi, kolesterol ve sindirim sistemini düzenleyici etkilerini ortaya koymuştur (Mishra vd. 2015; Ostadrahimi vd. 2015; Rerksupphol vd. 2015; Kahraman ve Karahan 2018; Oh vd. 2018; Green vd. 2020; Novik ve Savich 2020; Gao vd. 2021).

Canlı olmayan veya inaktif probiyotikler olarak da adlandırılan paraprobiyotikler ise yeterli miktarlarda uygulandığında tüketiciye fayda sağlayan, bütün veya parçalanmış mikrobiyal hücreler olarak tanımlanmaktadır. Probiyotiklerin aksine sağlığa faydalı etkileri gösterebilmeleri için canlılık paraprobiyotikler için önemli değildir. Paraprobiyotiklerin etkinlikleri, inaktif hücrelerde bulunan mikrobiyal metabolitler veya kompleks moleküllere dayanmaktadır (Vallejo-Cordoba vd. 2020). Yapılan çalışmalar paraprobiyotiklerin sağlık üzerine yararlı etkilerinin olabileceğini göstermektedir (Escamilla vd. 2012; Lindström vd. 2012; Fichera vd. 2016; Li vd. 2016; Lim vd. 2018; Wang vd. 2019; Wang vd. 2020). Literatürde, paraprobiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımına dair sınırlı çalışmaların olduğu tespit edilmiştir. Paraprobiyotiklerin süt ve süt ürünlerinde kullanımının ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine nasıl etkilerinin olduğunun anlaşılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşları kullanılarak paraprobiyotik içeren veya içermeyen 6 farklı fermente süt içeceği üretilmiştir. Üretilen fermente süt içecekleri 30 gün boyunca 4°C’de depolanmış ve depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Probiyotiklerin Tanımı ve Genel Özellikleri

Toplumun yaşam şartlarının iyileşmesi ve eğitim seviyesinin yükselmesi sağlıklı beslenmeye olan ilgiyi artırmaktadır (Seçkin ve Baladura 2011). Tüketici ilgisinin sonucu olarak, son yıllarda fonksiyonel gıdaların üretiminde ve pazarında hızlı bir artış gözlemlenmiştir (Gökırmaklı vd. 2021). Probiyotik mikroorganizmaların eklenmesiyle elde edilen probiyotik ürünler, fonksiyonel gıdalar arasında önemli gruplardan birini oluşturmaktadır (Palamutoğlu 2024). Türkiye’de fonksiyonel gıdalar arasında en çok tercih edilen gıdaların başında süt ve süt ürünleri gelmekte olup probiyotik mikroorganizmalarla zenginleştirilmiş fermente süt ürünleri, fonksiyonel gıdaların en başarılı örnekleri olarak kabul edilmektedir (Demirbağ vd. 2023; Palamutoğlu 2024).

Etimolojik olarak, "Probiyotik" terimi, "hayat için" anlamına gelen Yunanca "pro-bios" kelimesinden türetilmiştir. Probiyotiklerin tarihi, Paris'teki Pasteur Enstitüsü'nde bilim insanı Henry Tessler'in (1899), emzirilen bebeklerin bağırsaklarından *Bifidobacterium*'u izole etmesiyle başlamıştır. Tessler, söz konusu mikroorganizmanın bebeklerde diyare ataklarına karşı faydalı olduğunu gözlemlemiştir. Nobel ödüllü Rus bilim insanı Elie Metchnikoff bağırsak florasının yararlı mikroorganizmalarla değiştirilmesiyle sağlığa faydalı etkiler sağlanabileceği hipotezini ilk kez 1907’de ortaya atmıştır. Minoru Shirota, 1930'ların başında bağırsak bakterilerinin bağırsak kanalı boyunca hayatta kalabileceğini bildirmiş ve *Lactocaseibacillus paracasei* Shirota içeren fermente süt içeceğini geliştirmiştir (Mishra ve Acharya 2021). Probiyotik terimi ilk olarak Werner Kollath (1953) tarafından, yetersiz beslenme nedeniyle zayıf düşen hastaları iyileştirebileceği düşünülen organik ve inorganik takviyeleri tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. Alman bilim insanı Ferdinand Vergin 1954 yılında, "Probiotika" terimini, "hayatın sağlıklı gelişimi için gerekli aktif maddeler" olarak tanımlamıştır. Lilly ve Stillwell (1965) ise probiyotik terimini, diğer mikroorganizmaların büyümesini teşvik eden bir maddeyi tanımlamak için ilk kez kullanmışlardır. Parker 1974 yılında, probiyotik teriminin yalnızca mikroorganizmaları değil, aynı zamanda bağırsak mikroflorasının dengesini destekleyen diğer bileşenleri de kapsadığını savunmuştur. Roy Fuller ise günümüzde kullanılan "konakçı hayvanın bağırsak mikrobiyal dengesini iyileştirerek faydalı etkiler sağlayan canlı mikrobiyal yem takviyeleri" tanımıyla “diğer bileşenleri” kapsam dışı bırakmıştır (Prajapati vd. 2023). Günümüzde ise FAO/WHO tarafından probiyotikler “yeterli miktarda tüketildiğinde konak canlının sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (FAO 2002).

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak tanımlanabilmesi ve kullanılabilmesi için aşağıdaki kriterleri taşıması gerekmektedir (Mishra ve Acharya 2021; Ibrahim vd. 2023; Pramanik vd. 2023).

- ☐ İnsan kaynaklı olmalı,
- ☐ Patojen özellikte olmamalı,
- ☐ Mide asidine ve safra tuzlarına karşı dayanıklı olmalı,
- ☐ İnsan sindirim sistemi epitel yüzeyine yapışma özelliği iyi olmalı,

- ☐ Sindirim sisteminde kolonize olabilmeli,
- ☐ Patojen bakterilere karşı antagonist etki göstermeli,
- ☐ Antimikrobiyal maddeler üretebilmeli,
- ☐ Bağışıklık sistemini iyileştirmeli,
- ☐ Hızlı metabolize olmalı ve hızlı gelişebilmeli,
- ☐ Gıdalarda güvenle kullanılabilirmeli,
- ☐ Gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan teknolojik süreçlere dayanabilmelidir.

Probiyotik mikroorganizmaların bağırsaklara ulaştıklarında minimum 10^6 - 10^8 koloni oluşturan birim (kob)/g-mL düzeyinde olması gerekmektedir (Peate, 2021). Bu değerler doğrultusunda probiyotik mikroorganizma içeren ürünlerle, günlük olarak tüketilmesi gereken probiyotik hücre sayısının 10^8 - 10^9 kob/g-mL düzeyinde olması gerektiği, Ulusal Sağlık Gözetim Ajansı (Brazilian Health Regulatory Agency/ANVISA) tarafından belirtilmiştir (Costa ve Miglioranza, 2012). Probiyotik mikroorganizmaların sağlığa faydalı olabilmeleri için yeterli sayıda ve düzenli olarak tüketilmeleri gerekmektedir. Probiyotik mikroorganizmalar hipertansiyon, hiperkolesterol, enflamasyon, diyabet, oksidatif stres, kanser, obezite gibi çeşitli sağlık sorunlarına doğrudan veya dolaylı olarak olumlu katkıda bulunmaktadır. Ayrıca söz konusu mikroorganizmalar bağırsak mikrobiyomunun ve bağışıklığın düzenlenmesinde rol almaktadır (Mishra vd. 2015; Ostadrahimi vd. 2015; Rerksuppaphol vd. 2015; Kahraman ve Karahan 2018; Oh vd. 2018; Green vd. 2020; Novik ve Savich, 2020; Gao vd. 2021). Probiyotikler insan sağlığı üzerine olumlu etkilerini farklı mekanizmalarla gerçekleştirebilmektedir. Probiyotikler, bağırsakta besin ve reseptör bağlanma bölgeleri için patojen mikroorganizmalarla rekabete girmekte ve patojenlerin canlı kalmalarını önlemektedir. Ayrıca bağırsakta pH'yı ve oksijen miktarını düşürerek patojen mikroorganizmalar için elverişsiz bir ortam oluşturmaktadır (Schepper vd. 2017). Probiyotikler, bağırsakta kolonize olarak epitel hücre bariyerinin güçlenmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte yüksek metabolik aktiviteleri sayesinde probiyotikler proteinler, karbonhidratlar, vitaminler ve enzimler gibi yararlı bileşikler, patojenlere karşı etkili olan bakteriyosinler ile konağın bağışıklık sistemini düzenleyen immünomodülatör bileşikler üretmektedir (İndira vd. 2019; Latif vd. 2023; Prajapati vd. 2023). Probiyotik mikroorganizmaların sağlık üzerindeki etkileri; bakteri türüne, tüketilen miktara ve konağın fizyolojik koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Campana vd. 2017; Sanders vd. 2018).

Çeşitli mikroorganizma cinsleri ve türleri potansiyel probiyotik olarak kabul edilse de gıda ve sağlık alanlarında yaygın olarak kullanılan probiyotik mikroorganizmalar genellikle laktik asit bakterileridir (Ayivi vd. 2020). Laktik asit bakterileri fermentatif ve probiyotik özellikleri nedeniyle birçok süt ürününün üretiminde starter kültür olarak kullanılmaktadır (Guerin vd. 2020). Laktik asit bakterilerinin birçoğu insan ve hayvan tüketimi için güvenilir, çeşitli stres koşullarına (tuz, ozmotik basınç, etanol, safra ve düşük su aktivitesine karşı) dirençli ve karbonhidratları laktik aside fermente edebilmektedir (Mazzoli vd. 2014). Laktik asit bakterileri gıdanın yapısal ve tekstürel

özelliklerini iyileştirmekte, raf ömrünün uzatılmasını sağlayan ekzopolisakkaritleri (EPS), organik asitleri, polioller, aromatik bileşikler ve bakteriyosinleri üretmektedir (Hatti-Kaul vd. 2018).

Laktik asit bakterileri arasında en sık kullanılan suşlar *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait olanlardır (Campana vd. 2017). *Lactobacillus* türleri, Gram pozitif, fakültatif anerobik, çubuk şeklinde, spor oluşturmayan, karbonhidratları metabolize ederek laktik fermantasyon ile laktat, etanol ve CO₂ üreten bakterilerdir. *Bifidobacterium* türleri ise Gram pozitif, anaerobik, spor oluşturmayan, aside dirençli, karbonhidratları fruktoz-6-fosfat ketolaz yolu ile metabolize ederek asetat, laktat ve etanol üreten bakterilerdir (Capurso 2019; Matera 2024). *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri, Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration-FDA) tarafından Genel Olarak Güvenli Tanınan (Generally Recognized As Safe-GRAS) ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority-EFSA) tarafından Nitelikli Güvenlik Varsayımı (Qualified Presumption of Safety-QPS) statüsünde değerlendirilmiş olup en yaygın kullanılan ve güvenli insan probiyotikleridir (Guerin vd. 2020). Gıda endüstrisinde en çok kullanılan suşları arasında ise *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG (LGG) ve *Bifidobacterium lactis* BB-12 bulunmaktadır (Guerin vd. 2020).

Lactocaseibacillus rhamnosus GG (ATCC 53103), ilk olarak Sherwood Gorbach ve Barry Goldwin tarafından sağlıklı bir yetişkinin dışkı örneklerinden izole edilmiş ve soyadlarının ilk harfleriyle (GG) adlandırılmıştır (Segers ve Lebeer 2014). LGG gastrointestinal sisteminden geçişi sırasında canlılığını koruyabilme, bağırsak lümenini örten mukus tabakası ile epitel hücrelerine tutunabilme ve kolonize olma gibi özellikleri nedeniyle probiyotik bakteri olarak kabul edilmektedir (Mitra ve Ghosh 2019). LGG ayrıca sentezlediği proteazlar ve ısıya karşı dirençli bakteriyosini ile birçok patojen bakteriye karşı bakteriyosidal etki göstermektedir (Capurso 2019). LGG'nin *in vitro* ortamda *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium*, *Shigella sonnei* ile *Pseudomonas*, *Staphylococcus* ve *Streptococcus* suşlarının canlılıklarını azalttığı belirlenmiştir (Segers ve Lebeer 2014).

Probiyotik mikroorganizmalardan biri olan *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 (BB-12), 1983 yılında Chr. Hansen'in süt kültürü koleksiyonundan izole edilmiştir (Jungersen vd. 2014). *In vitro* çalışmalarda BB-12'nin düşük pH koşullarında ve %1 oranında safra tuzu varlığında canlı kalma oranının yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle mide asidine ve safra tuzlarına karşı gösterdiği bu direnç, BB-12'nin gastrointestinal sistemden canlı geçiş yaparak bağırsaklara ulaşabilme kabiliyetini desteklemektedir (Vernazza vd. 2016). BB-12, çeşitli patojenleri inhibe etmek için organik asitlerin yanı sıra bakteriyosinler ve hidrojen peroksit (H₂O₂) gibi antimikrobiyal bileşikler de üretmektedir (Jungersen vd. 2014). Yapılan bir *in vitro* çalışmada, BB-12'nin *Bacillus cereus*, *Clostridium difficile*, *Escherichia coli* ATCC 4328, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium*, *Shigella flexneri* ve *Shigella sonnei* patojen türlerine karşı antagonist etki gösterdiği belirtilmiştir. Üretilen antimikrobiyal bileşikler aynı zamanda BB-12'nin patojenlerle yarışarak bağırsağa tutunmasını kolaylaştırmakta ve insan sağlığını desteklemektedir (Martins vd. 2009).

2.2. Paraprobiyotiklerin Tanımı

Paraprobiyotikler, FAO/WHO'nun probiyotik tanımına benzer şekilde, “Yeterli miktarda tüketildiğinde tüketicilere fayda sağlayan inaktif (cansız) mikrobiyal bozulmamış hücreler” olarak tanımlanmaktadır (Almada vd., 2016; Gökırmaklı vd., 2021; İçier vd., 2022). Birçok araştırmacı tarafından paraprobiyotikleri tanımlamak üzere, “canlı olmayan probiyotikler”, “inaktif probiyotikler”, “hayalet probiyotikler” gibi terminolojiler de önerilmektedir (Nataraj vd. 2020). Probiyotik mikroorganizma içeren ürünler yalnızca canlı probiyotik hücreleri değil, aynı zamanda biyolojik yanıt oluşturabilen ölü hücreleri, hücre parçalarını ve sekonder metabolitleri de içermektedir (Sionek ve Gantner 2025). Sonuç olarak probiyotik ürünlerin tüketiminin sağlığa faydaların bir kısmının içerdikleri değişken miktardaki ölü hücrelerden kaynaklanabileceği öne sürülmektedir. Ölü mikroorganizmaların tüketimi sağlığa yararlı olsa da bunlar probiyotik olarak sınıflandırılmamakta ve literatürde "paraprobiyotik" olarak adlandırılmaktadır (Siciliano vd. 2021; Sionek ve Gantner 2024). Konu ile ilgili diğer bir kavram olan “postbiyotik” terimi, “konakçıda biyolojik aktiviteye sahip olan, canlı olmayan bakteriyel ürünler veya probiyotik mikroorganizmalardan elde edilen metabolik yan ürünler” olarak tanımlanmıştır. Ancak canlı olmayan bakteriyel yapıların konakçıda biyolojik aktivite gösterebildiği durumlarda, paraprobiyotikler de postbiyotik olarak adlandırılabilir (Almada vd. 2016). Canlılığın biyolojik olarak aktif özelliklerin korunması açısından zorunlu olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, probiyotik kavramının daha geniş bir bakış açısıyla ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır (Sionek ve Gantner 2025). Bu bağlamda, ölü hücrelerin biyolojik tepkiler oluşturma kapasitesi bazı araştırmacılar tarafından "probiyotik paradoks" veya "probiyotik avantajı" olarak adlandırılmaktadır (Adams 2010; Siciliano vd. 2021; Sionek ve Gantner 2024).

2.3. Paraprobiyotiklerin Üretim ve Elde Edilme Yöntemleri

Paraprobiyotikler, DNA filamentlerinin kırılması, hücre zarlarının bozulması veya mekanik hasar verilmesi, sitoplazmik proteinlerin koagülasyonu gibi mikrobiyal hücre yapılarını değiştiren inaktivasyon yöntemlerine maruz kaldıktan sonra canlılıklarını kaybeden mikroorganizmalardır. Paraprobiyotikler, probiyotik mikroorganizmaların çeşitli yöntemlerle inaktivasyonu ile elde edilebilmektedir. Söz konusu yöntemler; ısıtma işlemi, yüksek basınç, ultraviyole ışınlar, ışınlama, sonikasyon, darbeli elektrik alan, ohmik ısıtma, süperkritik CO₂, kurutma ve pH değişiklikleri olarak sıralanabilmektedir (Almada vd. 2016; Almada vd. 2021). Çizelge 2.1’de paraprobiyotik olarak kullanılan probiyotiklerin inaktivasyon yöntemleri verilmiştir. İnaktivasyon yöntemi, mikroorganizma türü ile istenen sağlık faydalarına göre belirlenmeli ve ayrıca uygulama sırasında probiyotiklerin sağladığı faydalı etkileri korunmalıdır (Taverniti vd. 2011; Almada vd. 2016).

Çizelge 2.1. Paraprobiyotik olarak kullanılan probiyotiklerin inaktivasyon yöntemleri ve bu yöntemlerin inaktivasyon mekanizmaları (Almada vd. 2016; Shripada vd. 2020; Akter vd. 2020)

İnaktivasyon yöntemi		İnaktivasyonun mekanizması
Isıl uygulamalar	Pastörizasyon	Hücre zarında hasar, besin ve iyon kaybı, ribozom agregasyonu, DNA filamentlerinin kopması, esansiyel enzim inaktivasyonu ve protein koagülasyonu
	Sterilizasyon	
Isıl olmayan uygulamalar	İyonize radyasyon	Nükleik asit hasarı
	Ultraviole (UV) ışınları	Protein denatürasyonu ve DNA foto-ürünlerinin oluşumu
	Yüksek basınç	Hücre zarı hasarı, enzimlerin inaktivasyonu, protein denatürasyonu, ribozom ve nükleotitlerde değişimler, çözünün madde kaybı ve hücre içi pH değerinde azalma
	Sonikasyon	Hücre duvarının parçalanması ve hücre zarı hasarı, DNA hasarı
	Darbeli elektrik alan	Hücre zarı hasarı (elektroporasyon)
	Ohmik ısıtma	Hücre zarı hasarı, besin maddeleri ve iyon kaybı, DNA filamentlerinin kırılması, esansiyel enzimlerin inaktivasyonu ve protein koagülasyonu
	Süperkritik CO ₂	Hücre içi pH düşüşü, hücre zarı hasarı, enzimlerin inaktivasyonu, hücre içi elektrolit dengesinde bozulma, metabolizmada CO ₂ ve HCO ₃ ⁻ 'ün doğrudan etkileri
	Kurutma	Hücre zarı hasarı, proteinlerde, nükleik asitlerde ve ribozomlarda konformasyonel değişiklikler
	pH değişiklikleri	Hücre zarı hasarı ve temel bileşenlerde kimyasal değişimler (ATP ve DNA)

Konuyla ilgili Almada vd. (2021) yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* (La), *Lactocaseibacillus casei* (Lc) ve *Bifidobacterium animalis* (Ba) bakterileri süspansiyonları ultrases, ısıl işlem, düşük ve yüksek pH, gama ışınlama ve süper kritik CO₂ kullanarak inaktif hale getirmişler ve elde ettikleri paraprobiyotiklerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada probiyotik bakteri süspansiyonları 60-100°C’lerde 5-60 dk süresince ısıl işlem; 1-14 pH değerleri arasında 5 dakika ile 24 saat asit-baz uygulaması; cm² başına 792 Watt sonik güçte 10-120 dakika ultrases uygulaması, kobalt ile 0.5-7 Kgy gama ışınlama, 40°C’de 8-30 MPa arasında 20-180 dakika olacak şekilde süperkritik CO₂ uygulaması yapılmıştır. Ultrases uygulanmasında Ba 30 dakikada inaktive olurken, La ve Lc’nin 40 dakika sonunda canlılıklarını kaybettiği tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan probiyotik bakterilerin 80 ve 100°C’lerde sırasıyla 5 ve 10 dakikada; pH 1’de ise 60 dakikada canlılıklarını kaybettikleri saptanmıştır. Gama ışınlama ve süperkritik CO₂ uygulamalarında aktivasyon için uygulanan normların probiyotik bakteriler için farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Elektron mikroskobunda incelenen La’nın uygulanan tüm inaktivasyon yöntemlerinde hücre yüzeyinin zarar gördüğü ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir. Düşük pH, ışınlama ve süperkritik CO₂ uygulamalarından sonra Lc’de hücre içinden dışına bileşen çıkışı olduğu saptanmıştır. Ba’nın hücre zarının ultrases ve düşük pH uygulamalarında diğer uygulamalara göre daha fazla dağıldığı belirlenmiştir. Paraprobiyotiklerin akış sitometri analizi sonucunda canlı, ölü ve zarar gören hücrelerin oranlarının probiyotik bakteri

suslarına ve uygulanan inaktivasyon yöntemlerine göre değiştiği tespit edilmiştir. Çeşitli inaktivasyon yöntemlerinin hücrenin yapısal bileşenleri ve biyolojik aktiviteleri üzerine etkileri farklılık gösterebilmektedir. Bununla birlikte, diğer yöntemlere göre uygulanabilirliğinin yaygın, kolay ve zaman ile maliyet açısından avantajlı olmasından dolayı paraprobiyotiklerin üretiminde ısıtma işlemi tercih edilmektedir (Almada vd., 2016; Nataraj vd., 2020; Kim vd., 2022; Jang vd., 2023).

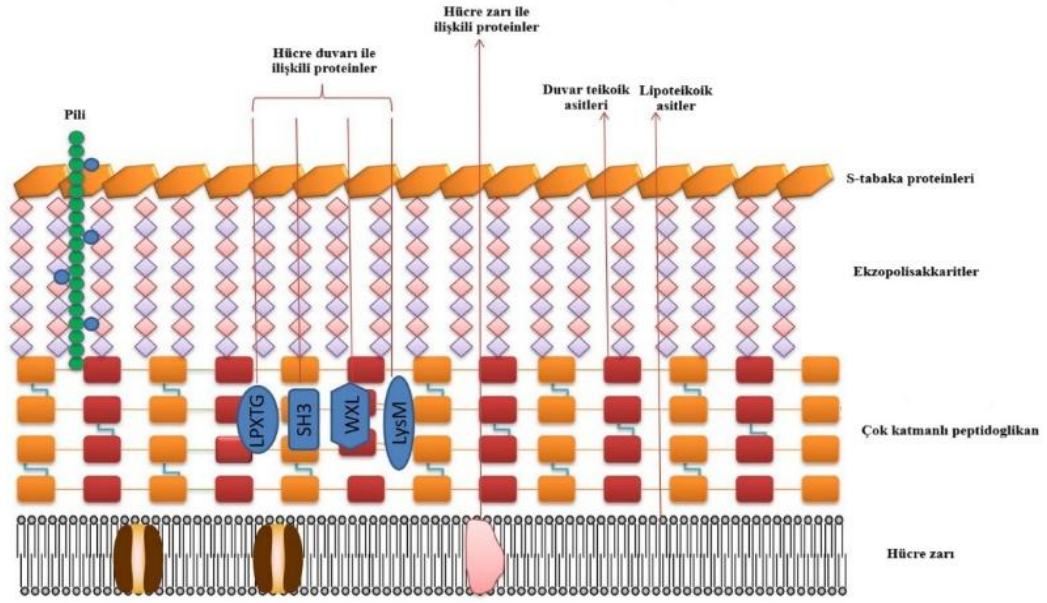
Isıtma işlemi, mikroorganizma hücreesindeki yapıları ve bileşenleri etkilemektedir. Isıtma işlemi uygulamaları ile hücre zarı bütünlüğünün bozulması, besin ve iyon kaybı, ribozom agregasyonu, DNA filamentlerinin kopması, esansiyel enzimlerin inaktivasyonu ve proteinlerin koagülasyonu gibi etkilerle hücre canlılığını kaybetmektedir (de Almada vd. 2016). Mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygulanan ısıtma işlemi sıcaklığı ve süresi, mikroorganizmaların stabilitesi, türü, vejetatif hücre veya spor formunda olup olmadığı, gelişme ortamı, gelişme evresi, önceden maruz kaldığı koşullar, stres faktörleri, pH, su aktivitesi ve kullanılan ısıtma yöntemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Juneja ve Sofos, 2002). Bu bağlamda probiyotiklerin ısıtma işlemlere verdiği yanıtların analiz edilmesi ve böylece inaktivasyon protokolünün optimize edilmesi gerekmektedir (Ramkrishna vd. 2019)

2.4. Paraprobiyotiklerin Etki Mekanizması ve Sağlık Etkileri

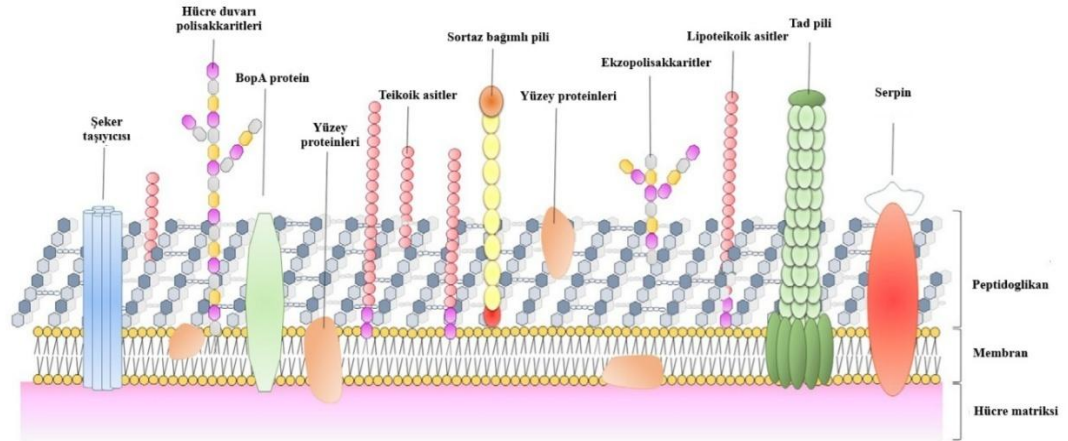
Paraprobiyotiklerin insan sağlığına faydalı etkileri genellikle probiyotiklerle karşılaştırılmaktadır. Paraprobiyotiklerin biyoaktif etki mekanizmaları tam olarak açıklanamasa da birçok yönden probiyotiklere benzerdir. Genel olarak paraprobiyotiklerin sağlığa faydalı olması hücre duvarında bulunan bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Sionek ve Gantner 2025). Paraprobiyotikler, teikoik asitler, peptidoglikan türevi muropeptitler, yüzey çıkıntılı yapılar (pili, fibriae, flagella), ekzopolisakkaritler gibi polisakkaritler, hücre yüzeyiyle ilişkili proteinler, hücre duvarına bağlı biyosümfaktanlar gibi hücre bileşenlerinden oluşmaktadır (Nataraj vd. 2020).

Gram pozitif bakteriler, hücre duvarlarının büyük bir bölümünü oluşturan β -1,4-glikozidik bağlarla birbirine bağlanan N-asetilglukozamin ve N-asetilmuramik asit disakkarit birimlerinden oluşan, pentapeptit zincirleriyle çapraz bağlanmış kalın ve çok katmanlı bir peptidoglikan yapısına sahiptir (Nataraj vd. 2020; Teame vd. 2020). Teikoik asitler, fosfodiester bağlarıyla uzun zincirler oluşturan şeker-alkol-fosfat polimerler olup suda eriyebilmektedir (Mehta vd. 2023). Bu yapıları sayesinde, teikoik asitler peptidoglikana kovalent bağlanarak duvar teikoik asidi formunda bulunabilirken, glikolipid aracılığıyla hücre zarına bağlanarak lipoteikoik asit formunu almaktadır (Nataraj vd. 2020). Teikoik asitler, hücre şeklinin belirlenmesi ve hücre bölünmesinin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Gram pozitif bakterilerde bulunan teikoik asitler ve lipoteikoik asitler, bağışık düzenleyici olarak etki gösterebilen hücre duvarı bileşenleridir (Öztürk vd. 2024).

Şekil 1 ve Şekil 2’de *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*’a ait hücre duvarlarının şematik gösterimi verilmiştir. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*’ların hücre duvarı bileşenleri arasında, konakçıya yararlı etkiler sağladığı bildirilen peptidoglikan, teikoik asit, ekzopolisakkaritler, hücre duvarı polisakkaritleri, hücre yüzeyiyle ilişkili proteinler ve proteinli filamentler bulunmaktadır (Pyclik vd. 2020; Teame vd. 2020).



Şekil 2.1. *Lactobacillus*'a ait hücre duvarlarının şematik gösterimi



Şekil 2.2. *Bifidobacterium*'a ait hücre duvarlarının şematik gösterimi

Laktik asit bakterileri fermantasyon sırasında ekzopolisakkarit (EPS) olarak bilinen metabolitleri sentezleme yeteneğine sahiptir. EPS, laktik asit bakterileri dahil olmak üzere pek çok mikroorganizma tarafından hücre içinde ve hücre duvarında üretilen, hücre dışına sentezlenebilen, çevreyle uyumlu, geri dönüştürülebilir ve yüksek moleküler ağırlığa sahip doğal polimer bileşiklerdir. Düz ya da dallanmış yapıya sahip olan bu polisakkaritler, monosakkarit birimlerinin glikozidik bağlarla birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır (Sørensen vd. 2022; Öztürk vd. 2024). EPS, bakterilerin çevre ile etkileşimini kolaylaştırmakta, tutunma özelliklerine aracılık etmekte, patojenlere karşı

koruma sağlamakta ve ortamın olumsuz koşullarına karşı koruyucu bir tabaka görevi görmektedir (Teame vd. 2020). EPS üretimi bakteri ve suşa özgü bir özellik olmakla birlikte hücrenin gelişim evresi, ortamın bileşimi, pH ve sıcaklığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Süt ürünleri üretiminde kullanılan bazı starter kültür suşlarına ait EPS'ler, fermente süt ürünlerinin reolojik özellikleri üzerine olumlu bir etkiye sahiptir. Söz konusu durum, EPS'nin su tutma kapasitesi ve nem içeriğini azaltmasıyla ilişkilidir (Nataraj vd. 2020). EPS, insan sağlığı açısından da çeşitli faydalar sağlayabilmektedir (Sørensen vd. 2022; Öztürk vd. 2024). Bununla birlikte, hücre duvarı bileşiklerinin antagonistik, antimikrobiyal, anti-tümör, anti-oksidatif, anti-biyofilm, yaşlanma karşıtı, kolesterol düşürücü ve bağışıklık sistemi düzenleyici gibi sağlık üzerine farklı etkileri çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Escamilla vd. 2012; Lindström vd. 2012; Fichera vd. 2016; Li vd. 2016; Lim vd. 2018; Wang vd. 2019; Wang vd. 2020).

EPS'nin sağlık etkileriyle ilgili bir çalışmada, laktik asit bakterileri tarafından üretilen EPS ile kolesterolün azaltılması arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, B3, G11, B2 ve A13 suşlarının MRS (de Man, Rogosa ve Sharpe) sıvı besiyerinde 42°C'de 18 saat sonunda ürettikleri EPS miktarlarının sırasıyla ortalama 211 mg/L, 159 mg/L, 200 mg/L, 28 mg/L ve 27 mg/L olduğu belirlenmiştir. İnaktif bakteri suşlarının hazırlanması için her bir bakteri suşu 10 mL MRS sıvı besiyerinde 42°C'de 18 saat inkübe edildikten sonra otoklavda 121°C'de 15 dakika ısıtılma maruz bırakılmıştır. Isıl işlemin ardından ortama 3 mg/mL safra tuzu ile 100 µg/mL olacak şekilde kolesterol eklenip 42°C'de 19 saat tutulmuştur. Sonuç olarak, inaktif formda bulunan *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, B3, G11, B2 ve A13 suşlarının ortamdaki kolesterolü azaltma oranlarının sırasıyla ortalama %11, %13, %8, %5 ve %4 olduğu saptanmıştır. Çalışma ile *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşları tarafından üretilen EPS'nin ortamdaki kolesterol ile etkileşime girdiği ve azaltılmasında etkili olabileceği değerlendirilmiştir (Tok ve Aslim 2010).

Yapılan bir çalışmada Kimchi'den izole edilen *Lactobacillus sakei* KU15041 ve *Lactobacillus curvatus* KU15003 bakterileri ile referans olarak seçilen *Lactobacillus rhamnosus* GG inaktif hale getirildikten sonra antioksidan etkileri karşılaştırılmıştır. Her bir bakteri suşu MRS besiyerinde 37°C'de 22 saat inkübe edildikten sonra 80°C'de 30 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Ardından, örnekler 12.000 g'de 5 dakika santrifüj edilip aynı santrifüj koşulları altında fosfat tamponlu salin ile iki kez yıkanmıştır. Toplanan bakteri hücreleri 7 veya 9 log kob/mL konsantrasyonlarında süspanse edilmiştir. *L. rhamnosus* GG, *L. sakei* KU15041 ve *L. curvatus* KU15003'ün sırasıyla %20.56, %34.73 ve %35.30 ABTS (2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) radikal süpürme aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. DPPH, (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) analizi sonucunda elde edilen değerlerin ise *L. rhamnosus* GG, *L. sakei* KU15041 ve *L. curvatus* KU15003 için sırasıyla %11.30, %15.29 ve %18.84 olduğu saptanmıştır. Paraprobiyotiklerin ABTS ve DPPH serbest radikallerini yüksek düzeyde süpürme özellikleri bulunduğu ve antioksidan potansiyele sahip oldukları değerlendirilmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler değerlendirildiğinde, paraprobiyotiklerin antioksidan aktivitesinin suşa bağlı olduğu belirlenmiştir (Hyun vd. 2023).

Paraprobiyotik *Pediococcus acidilactici*'nin antioksidan kapasitesi ile *in vitro* koşullarda gıda kaynaklı bazı patojenlere karşı antimikrobiyal aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada ise MRS sıvı besiyerinde 37°C'de 72 saat geliştirilen *P. acidilactici* 70°C'de

40 dakika süresince ısıtma işlemine tabi tutularak inaktif hale getirilmiştir. İnaktif bakteri içeren besiyeri -55°C ve 13 Pa'da dondurarak kurutulmuştur. Elde edilen toz formdaki paraprobiyotik (LP) DPPH ve ABTS değerlerinin sırasıyla 12.95±55 mg TEAC/kg ve 21.18±42 TEAC/kg olduğu saptanmıştır. Yüksek antioksidan aktivitenin LP'nin ürettiği organik asitler, serbest amino asitler, yağ asitleri, fenolik maddeler ile uçucu bileşiklerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. LP'nin *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes* suşlarına karşı oluşturduğu inhibisyon zonlarının boyutlarının sırasıyla 9.44-9.64 mm, 8.92-9.89 mm ve 8.78-10.00 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca söz konusu patojen bakterilerle kontamine edilen köftelerde LP'nin etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ile kullanımı sonucunda patojen bakterilerin sayılarında 1.32 ile 3.11 log kob/g azalma olduğu saptanmıştır. Çalışma sonucunda paraprobiyotik kullanımı ile gıdalara antioksidan özellik kazandırılması ve patojen özellik gösteren bakterilerinin inhibisyonunun sağlanmasıyla gıda sektörüne yeni bir bakış açısı kazandırılabilceği belirtilmiştir (İncili vd. 2023).

Bifidobacterium animalis subsp. *lactis* Bb-12 suşundan elde edilen paraprobiyotiklerin *Salmonella enterica*'ya karşı antimikrobiyal özelliklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, kullanılan Bb-12 suşu MRS sıvı besiyerinde 37 °C'de 48 saat anaerobik koşullarda inkübe edilerek aktive edilmiştir. Aktive edilen kültürlerden 7-9 log kob/mL yoğunluklarında hazırlanan süspansiyonlar farklı elektrik alan şiddeti (3-9 V/cm), sıcaklık (75-93 °C) ve sürelerde (3-9 dakika) ohmik ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Uygulama sonrasında Bb-12 süspansiyonları hızlı şekilde 4 °C'ye soğutulmuş ve ardından dondurarak kurutma yöntemiyle toz forma getirilmiştir. Ohmik ısıtma işlemine ait parametreler, en yüksek biyolojik aktivitenin elde edildiği koşullara göre optimize edilmiştir. Optimizasyon sonucunda, Bb-12 suşundan ohmik ısıtma yöntemiyle elde edilen paraprobiyotiklerin *S. enterica*'ya karşı en yüksek biyolojik aktivite gösterdiği koşullar; 8.7 V/cm elektrik alan şiddeti, 88 °C sıcaklık, 3.6 dakikalık işlem süresi ve 8.7 log kob/mL olarak belirlenmiştir. Elde edilen paraprobiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi %62.85, biyofilm oluşumunu inhibe etme kapasitesi %57.46 ve *S. enterica*'nın epitel hücrelere tutunmasını engelleme etkisi %44.87 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, ohmik ısıtma yöntemiyle elde edilen paraprobiyotiklerin yalnızca patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engellemekle kalmayıp aynı zamanda biyofilm oluşumunu baskılama ve intestinal epitel hücrelere tutunmayı azaltma gibi çok yönlü biyolojik etkilere sahip olduğunu belirtmektedirler. Bununla birlikte, probiyotiklere alternatif olarak dikkat çekici bulunmuş olan paraprobiyotiklerin gıda güvenliği alanında etkili bir biyolojik koruyucu ajan olabileceği değerlendirilmektedir (Yolmeh vd. 2025).

2.5. Paraprobiyotik Ürünler

Probiyotik bir ürünün geliştirilmesi için probiyotik mikroorganizmaların endüstriyel üretimden tüketime kadar geçen süreçte üründe canlı kalabilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, endüstriyel üretim sırasında gıda matrisinin bileşim ve özellikleri (pH, protein, yağ ve karbonhidrat konsantrasyonu, su aktivitesi, doğal antibiyotiklerin varlığı), işleme ve depolama koşullarıyla (zaman, sıcaklık, aşılama oranı, pH, oksijen içeriği, paketlenme malzemeleri) ilgili birçok faktör probiyotik hücre canlılığının azalmasına neden olabilmektedir (Barros vd. 2021). Paraprobiyotiklerin yüksek sıcaklık değerleri, asidik ortamlar ve uzun süreli depolama gibi zorlu işleme koşullarından olumsuz etkilenmemeleri, probiyotiklere göre daha fazla sayıda gıdaya

uyarlanmalarını mümkün kılmaktadır (Zawistowska-Rojek ve Tyski 2022). Bu bağlamda stabilite, uyarlanabilirlik ve güvenlik gibi özellikleri paraprobiyotikleri, fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler alanında kullanılmaya aday hale getirmektedir (Siciliano vd. 2021).

Paraprobiyotik bir ürün üretiminde dikkat edilecek hususlar; kullanılacak probiyotik türleri ve suşlarının seçimi, uygun inaktivasyon yöntemlerinin belirlenmesi, raf ömrü boyunca gıdalardaki stabiliteleri ve aktiviteleri ile ilgili biyolojik etkilerini değerlendirmek için uygun yöntemlerin seçimi olarak sıralanabilmektedir (Akter vd. 2020). Gıdaların üretimlerinde kullanılan paraprobiyotiklerin son ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkilediği üzerine değerlendirmeler yapılmaktadır (Barros vd. 2020; Cuevas-González vd. 2020; Vallejo-Cordoba vd. 2020). Paraprobiyotikler, gıdaların kalitesini ve güvenliğini artırabilecek çeşitli teknolojik ve işlevsel özellikler sunmaktadır. Söz konusu özellikler arasında antioksidan kapasiteyi ve emülsifikasyon yeteneğini artırma ile reolojik özelliklerin iyileştirilmesi sayılabilmektedir (Franco 2024). Çizelge 2.2’de paraprobiyotiklerin gıdalarda kullanıldığı çalışmalar verilmiştir (Sugawara vd. 2016; Sawada vd. 2016; Almada vd. 2021; Barros vd. 2021; Akan vd. 2024; Zahidah vd. 2024). Piyasada farmasötik amaçlar için tasarlanmış postprobiyotik ve paraprobiyotik içeren çok sayıda ticari ürün (Hylak®Forte, CytoFlora®, Zakofalk®, Bactistatin, Pro-Symbioflor®, PostbiotiX, Totipro PE0401, EpiCor®, Lacteol Fort® ve Del-ImmuneV®) bulunmaktadır (Taşkoparan vd. 2025).

Çizelge 2.2. Paraprobiyotiklerin gıdalarda kullanıldığı bazı çalışmalar

Çalışmanın Amacı	İnaktivasyon Yöntemi	Çalışmanın Sonucu	Referans
Peyniraltı suyu-üzüm suyu karışımı içeceğe paraprobiyotik <i>Lactobacillus casei</i> eklenmiş ve sağlıklı bireylerdeki hipoglisemik aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır.	<i>L. casei</i> ohmik ısıtma (8 V/cm, 95°C/7 dk, 60 Hz) ile inaktive edilmiştir.	Çalışma sonucunda paraprobiyotik içeceğin hipoglisemik aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.	(Barros vd. 2021)
Paraprobiyotik <i>Lactobacillus gasseri</i> CP2305 içeren izotonik bir içecek hazırlanmıştır. Paraprobiyotik içeceğin fiziksel ve zihinsel stres yaşayan üst düzey sporcular üzerindeki etkileri incelenmiştir.	<i>L. gasseri</i> CP2305 sterilizasyon işlemi ile 95°C’de 30 saniye inaktive edilmiştir.	Paraprobiyotik içecek tüketiminin sporcuların stresli durumlarda yaşadıkları yorgunluk, anksiyete ve depresif ruh halinin giderilmesinde destek olduğu belirlenmiştir.	(Sawada vd. 2016)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ’dan elde edilen paraprobiyotikler, 10 ⁸ ve 10 ⁹ kob/mL olacak şekilde iki farklı konsantrasyonda soya içeceğine eklenmiştir. Elde edilen paraprobiyotik içeceğin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.	Vakumlu fırında bakteri hücrelerini inaktive etmek için 30 dakika süresince 75°C’de ısıtma işlemi uygulanmıştır.	Paraprobiyotik kullanımının soya içeceklerinin antioksidan aktivitesi değerlerini, toplam fenolik miktarı ile protein, yağ ve kül içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. 10 ⁸ kob/mL konsantrasyonunda paraprobiyotikle zenginleştirilen soya içeceğinin hem tat hem de genel izlenim açısından en yüksek puanları aldığı belirlenmiştir.	(Zahidah vd. 2024)

Çizelge 2.2'nin devamı.

Çalışmanın Amacı	İnaktivasyon Yöntemi	Çalışmanın Sonucu	Referans
Paraprobiyotik <i>Bifidobacterium animalis</i> içeren buğday-durum makarnası üretilmiş ve bu üretilen makarnanın sıçanların genel sağlık parametreleri ve bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri incelenmiştir.	<i>B. animalis</i> 2.5 Kilogray (KGy) dozunda gama ışınları ile inaktive edilmiştir.	Paraprobiyotik buğday-durum makarnasının tüketiminin sağlıklı sıçanlarda serum glikoz ve total kolesterol seviyelerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Ek olarak, kısa süreli paraprobiyotik buğday-durum makarnası uygulamasının sıçanların, bağırsak mikrobiyotasının bileşimini ve fonksiyonelliğini düzenleyerek faydalı bakterilerin artmasını sağladığı saptanmıştır.	(Almada vd. 2021)
Paraprobiyotik <i>Lactobacillus gasseri</i> CP2305 içeren süt tozundan bir içecek üretilmiştir. Üretilen içeceğin sağlıklı bireylerde bağırsak fonksiyonları, dışkı özellikleri ve bağırsak mikrobiyotası üzerindeki düzenleyici etkileri araştırılmıştır.	<i>L. gasseri</i> CP2305, pastörizasyon işlemi ile 90°C'de inaktive edilmiştir.	CP2305 içeren içeceğin tüketiminin bağırsak fonksiyonları ve mikrobiyal ortamın düzenlenmesi üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Bağırsak mikrobiyotasındaki <i>Bifidobacterium</i> içeriği, CP2305 grubunda plasebo grubuna kıyasla arttığı, buna karşın <i>Clostridium cluster IV</i> içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.	(Sugawara vd. 2016)
<i>Lactocaseibacillus casei</i> 39 içeren paraprobiyotik kefir üretilmiş ve bu ürünün <i>in vitro</i> sindirim sonrası protein hidrolizi, antioksidan, antidiyabetik ve antikanser aktivitesi araştırılmıştır.	<i>L. casei</i> 39 hücreleri otoklavda 121 °C'de 15 dakika işlem görerek inaktive edilmiştir. Ardından liyofilize edilmiştir.	Paraprobiyotik kefirin, HT29 kolon kanseri hücrelerine karşı en yüksek antikanser etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, DPPH testine göre yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve α -glukosidaz inhibisyonu yoluyla antidiyabetik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Sindirim sonrası elde edilen yüksek protein hidrolizi ve peptit konsantrasyonu, gastrointestinal sağlık açısından olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir.	(Akan vd. 2024)

Süt ürünlerinde probiyotiklerin canlı kalması ve stabilitesi, düşük pH, sıcaklık ve gıda matrisinin bileşimi dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenirken, paraprobiyotikler stabildir ve probiyotiklere kıyasla süt ürünlerine birçok teknolojik avantaj sağlayabilmektedir. Paraprobiyotiklerin tek başlarına veya probiyotiklerle kombinasyon halinde, yeni tür fonksiyonel süt ürünlerinin üretimlerinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte paraprobiyotiklerin süt ürünlerinde ticari kullanımları rapor edilmemiştir (Gao vd. 2021). Ancak, paraprobiyotik ilavesinin yoğurdun çeşitli özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Parvarei vd. (2021a), Parvarei vd. (2021b), ve Parvarei vd. (2021c) tarafından yapılan üç farklı çalışmada, farklı yöntemlerle paraprobiyotik ilavesinin yoğurtların yapısal, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinde değişiklikler oluşturabileceği ortaya konulmuştur. Söz konusu çalışmalarda, *Lactobacillus acidophilus* ATCC SD 5221 (LA) ve *Bifidobacterium lactis* BB-12 (BL) bakterileri MRS sıvı besiyeri içinde 121°C 15 dakika ısıtma işlemiyle inaktif hale getirilmiştir. Canlı ve inaktif LA ve BL bakterileri tek tek veya birlikte olacak şekilde

inkübasyondan önce süte ve inkübasyondan sonra yoğurda eklenerek yoğurt üretimlerinde kullanılmıştır. Çalışmanın kontrol grubunu inaktif veya canlı formda probiyotik eklenmeden süte sadece yoğurt bakterileri (*Streptococcus thermophilus* (ST) ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB)) aşılanarak üretilen yoğurtlar oluşturmuştur. İnkübasyondan önce süte inaktif probiyotik bakteri eklenerek üretilen yoğurtların pH değerleriyle kontrol örneklerinin pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. En düşük ve yüksek serum ayrılması değerlerinin sırasıyla inkübasyon sonrası yoğurda canlı LA eklenen yoğurt örneğinde (%14.93) ve inkübasyon öncesi süte canlı BL eklenerek üretilen yoğurt örneğinde (%23.12) olduğu tespit edilmiştir. Görünür viskozite değerleri incelendiğinde, yoğurt örneklerine inkübasyon sonrası canlı ya da inaktif olması fark etmeksizin LA ve BL ilavesinin görünür viskozite değerlerini artırdığı saptanmıştır. İnaktif LA ve inaktif BL içeren yoğurt örneklerinin mikro yapısında EPS varlığına bağlı olarak büyük boşluklar olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kıvam katsayısı değerlerinin, inaktif ve canlı formda LA eklenen yoğurtlarda 16.00 ile 17.50 Pa.s arasında; inaktif ve canlı formda BL içeren yoğurtlarda ise 24.48 ile 42.29 Pa.s arasında değiştiği saptanmıştır. Duyusal özellikler incelendiğinde, inkübasyondan önce inaktif BL eklenmiş süttten üretilen yoğurt örneklerinde lezzet puanının, diğer yoğurt örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin kaşıkla algılanan tekstür değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. İnkübasyon öncesi inaktif BL eklenen süttten üretilen yoğurt örneğinin en yüksek tat puanlarını aldığı tespit edilmiştir. Örneklerin genel kabul edilebilirlik puanları incelendiğinde; inkübasyondan sonra canlı BL eklenen yoğurdun en düşük puanı aldığı, inkübasyondan önce inaktif BL eklenen süttten üretilen yoğurdun ise en yüksek puana sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak paraprobiyotik içeren yoğurt örneklerinin kabul edilebilir lezzet ve tada sahip olduğu saptanmıştır. Örnekler mikrobiyolojik olarak değerlendirildiğinde, depolama süresince yoğurt bakterilerinin sayısının tüm yoğurt örneklerinde azaldığı saptanmıştır. Probiyotik ve paraprobiyotik yoğurtlarda depolamanın ilk gününde en yüksek *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarının sırasıyla inkübasyondan önce süte inaktif LA (ST:9.37 kob/mL ve LB:8.7 kob/mL) ve inkübasyondan önce inaktif BL (ST:9.34 kob/mL ve LB:8.67 kob/mL) eklenen yoğurt örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 28. gününde ise *S. thermophilus* için en yüksek sayının inkübasyon sonrası inaktif LA ve inaktif BL'nin birlikte eklendiği yoğurt örneğinde (9.01 kob/mL), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* için ise en yüksek sayının (7.68 kob/mL) inkübasyon öncesi inaktif LA ve inaktif BL'nin birlikte eklendiği süttten üretilen yoğurt örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, paraprobiyotik içeren yoğurt örneklerinde yoğurt bakterilerinin yüksek canlılık göstermelerinin, probiyotiklerin inaktive edilmesi sonucu oluşan parçalanmış hücrelerden daha fazla miktarda besin maddesinin serbest kalmasından kaynaklandığı şeklinde bir değerlendirme yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Paraprobiyotik içeren fermente süt ieeği üretiminde kullanılan inek sütü Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Döner Sermayesi'ne bağlı Sığır Çiftliđi'nden temin edilmiştir. Paraprobiyotik içeren fermente süt ieeği üretimi için kullanılan *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 liyofilize kültürleri Chr. Hansen A/Ş'den (İstanbul) temin edilmiştir. Analizde kullanılan tüm kimyasallar Sigma Aldrich Co. (St. Louis, Amerika Birleşik Devletleri)'den satın alınmiştır. Antibakteriyal analizinde kullanılan *Bacillus cereus* NCTC 9946, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 35218 Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları ve Biyolojik Ürünler Daire Başkanlığı'ndan ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* DSM 18522 Almanya Mikroorganizmalar ve Hücre Kültürü Koleksiyonu (DSMZ)'ndan temin edilmiştir. Paraprobiyotik içeren fermente süt içeceklerinin üretimi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Paraprobiyotiklerin hazırlanması

Lactocaseibacillus rhamnosus GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 suşları, De Man Rogosa Sharp (MRS, Merck, Almanya) sıvı besiyerinde geliştirilmiştir. *L. rhamnosus* GG'nin gelişimi için MRS sıvı besiyerinin pH değeri 6.5'e ayarlanırken, *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 gelişimi için MRS sıvı besiyerine %0.05 (w/v) oranında L-sistein (Merck, Almanya) eklenmiştir. Her iki bakteri karbondioksitli (%5 CO₂) inkübatörde 37°C'de, 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında bakteriler santrifüjle (5000 g, 10 dakika, 4 °C) toplanmış ve steril su ile yıkama işlemleri yapılmıştır. Son konsantrasyon steril su ile 10¹¹ kob/mL'ye ayarlandıktan sonra bakteriler 95 °C'de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Isıtılma sonrasında her iki bakteri ortamından alınan örnekler MRS agar besiyerine dökme plak yöntemi ile ekilmiştir. İnkübasyonun ardından (37°C'de 48 saat) koloni gelişimi gözlemlenmemiş ve bakterilerin inaktif olduğu doğrulanmıştır.

3.2.2. Fermente süt içeceklerinin üretimi

Paraprobiyotik içeren fermente süt ieeği üretiminde kullanılan inek sütü (her bir örnek için yaklaşık 10 litre), viskübatörde (Vis 1, Maksüt Endüstriyel Gıda Makinaları San. Tic. Ltd. Şti., Antalya, Türkiye) 50-55°C'ye ısıtıldıktan sonra yağ oranı separatör (G140, SMS Ltd. Şti., Kayseri, Türkiye) yardımıyla yaklaşık %0.1'e ayarlanmıştır. Yağsız sütün kurumaddesi distile su ile %8'e standardize edilmiştir. Sütteki laktozun tamamının glikoz ve galaktoza hidrolize olması için Kocabaş (2019)'un yaptığı çalışmaya göre sütler, %0.1 oranında β -galaktosidaz enzimi (Maxilact LGI 5000, IMCD Co., Ltd., İstanbul, Türkiye) eklenerek 37°C'de 1 saat tutulmuştur. İnkübasyonun başında ve sonunda sütlerin laktoz içeriği Anonymous (2007)'ye göre Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, Massachusetts,

Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak belirlenmiştir. İnkübasyon başında ve sonunda sütün ortalama laktoz içeriği sırasıyla %4.2 ve %0.3 olarak tespit edilmiştir.

Paraprobiyotik içeren fermente süt ieeğinin üretim şeması Şekil 3.1’de verilmiştir. LRK grubu fermente süt ieeğİ örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanmıştır. *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanan sütlerin pH değeri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır (Şekil 3.1).

LRS grubu paraprobiyotik içeren fermente süt ieeğİ örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanmıştır. *Lactobacillus rhamnosus* GG aşılanan sütlerin pH değeri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından örneklere 10⁸ kob/mL olacak şekilde inaktif *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG eklenmiştir. İnaktif *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG elde edilmesi için üretimde kullanılan süttten %1 oranında ayrılmış ve ayrılan süt ön denemelerle belirlenen oranda *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG eklendikten sonra 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Üretilen içecek 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır.

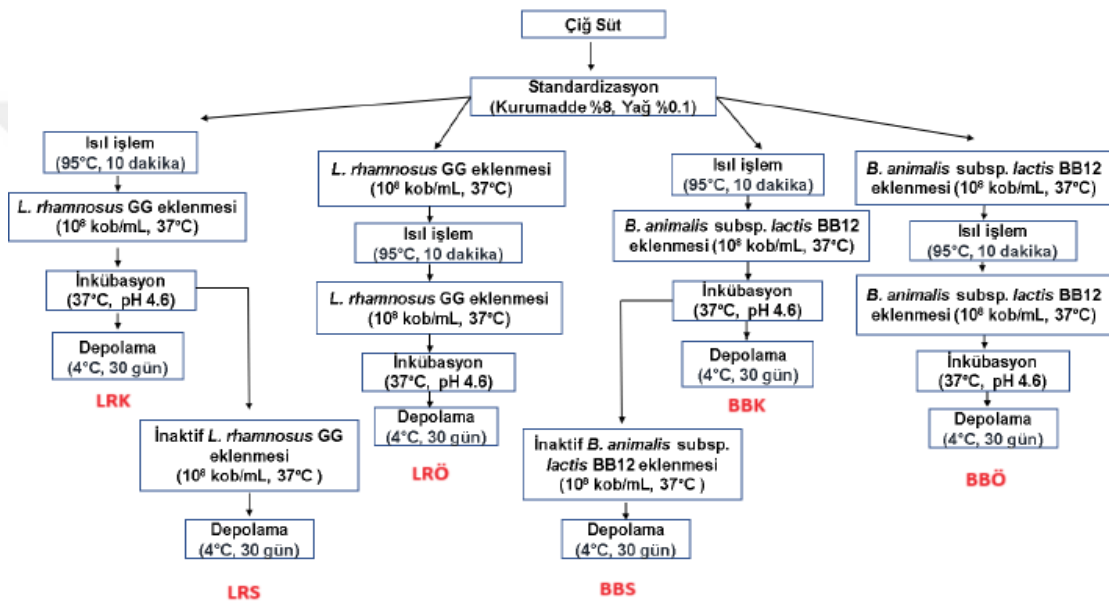
LRÖ grubu paraprobiyotik içeren fermente süt ieeğİ örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanmıştır. Ardından *Lactobacillus rhamnosus* GG aşılanan süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanmıştır. *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG aşılanan sütlerin pH değeri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır.

BBK grubu fermente süt ieeğİ örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanmıştır. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanan sütlerin pH değeri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır.

BBS grubu paraprobiyotik içeren fermente süt ieeğİ örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10⁸ kob/mL olacak şekilde *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanmıştır. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanan sütlerin pH değeri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından fermente süt ieeğİ örneklerine 10⁸ kob/mL olacak şekilde inaktif *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenmiştir. İnaktif *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 elde edilmesi için üretimde kullanılan süttten %1 oranında ayrılmış ve ayrılan süt içerisine ön denemelerle belirlenen oranda *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 eklendikten sonra

95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Üretilen içecek 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır.

BBÖ grubu paraprobiyotik içeren fermente süt içeceği örneklerinin üretimi için laktozu parçalanmış süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10^8 kob/mL olacak şekilde *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanmıştır. Ardından *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanan süt 95°C’de 10 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve 37°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan süte ön denemelerle belirlenen miktarda son üründe 10^8 kob/mL olacak şekilde *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanmıştır. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 aşılanan sütlerin pH değerleri 4.6’ya ulaşınca kadar 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından 30 gün süresince 4°C’de depolanmıştır.



Şekil 3.1. Fermente süt içeceklerinin üretim şeması

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Fizikokimyasal analiz yöntemleri

3.3.1.1. Çiğ sütte yapılan analizler

Kurumadde miktarı tayini

Çalışmada kullanılan çiğ süt örneklerinde kurumadde miktarı TS 1018 Çiğ Süt Standardı’nda verilen metotta göre gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Anonim 1994).

Kül miktarı tayini

Çiğ süt örneklerinin kül miktarı gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Kurt vd. 1993).

Yağ miktarı tayini

Çiğ süt örneklerinin yağ miktarı bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile belirlenmiştir (Anonim 1995).

Protein miktarı tayini

Çiğ sütlerde azot miktarı Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş ve elde edilen değerler, 6.38 faktörüyle çarpılarak protein miktarları tespit edilmiştir. (Kurt vd. 1993).

pH tayini

Çiğ süt örneklerinin pH değeri Orion 2 Star (Orion 2 Star, Thermo Scientific, Fisher Scientific, Bremen, Almanya) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

Titrasyon asitliği tayini

Çiğ süt örneklerinin titrasyon asitliği tayini, TS 1018 Çiğ Süt Standardı'nda belirtilen yöntemle yapılmış ve sonuçlar % laktik asit olarak hesaplanmıştır (Anonim 1994).

3.3.1.2. Fermente süt içeceklerinde yapılan analizler***Kurumadde miktarı tayini***

Fermente süt içeceklerinin toplam kurumadde içerikleri International Dairy Federation (IDF, Uluslararası Sütçülük Federasyonu)'nin bildirdiği referans metoda göre gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Anonim 1987).

Kül miktarı tayini

Fermente süt içeceklerinin kül miktarı gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Kurt vd. 1993).

Yağ miktarı tayini

Fermente süt içeceklerinin yağ miktarı bütirometre kullanılarak Gerber yöntemi ile belirlenmiştir (Anonim 1995).

Protein miktarı tayini

Fermente süt içeceklerinin protein miktarı IDF'nin bildirdiği Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Anonymous 1986).

pH tayini

Fermente süt içeceklerinin pH değeri Orion 2 Star (Orion 2 Star, Thermo Scientific, Fisher Scientific, Bremen, Almanya) marka dijital pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

Titrasyon asitliği tayini

Erlen içerisinde fermente süt örneğinden 10 g tartılıp üzerine 1 mL %2'lik fenolfitalein belirteç çözeltisinden ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile kaybolmayan hafif pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonrası harcanan alkali miktarından örneklerin %titrasyon asitliği değeri hesaplanmıştır (Kurt vd. 1993).

Serum ayrılması

Fermente süt içeceği örneklerinin serum ayrılması miktarı Özdemir ve Kılıç (2004)'ın bildirdikleri yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. 100 mL'lik mezürlere 100 mL fermente süt içeceği örneği koyularak 4°C'deki serum ayrılmaları tespit edilmiştir.

Ekzopolisakkarit (EPS) miktarı

Fermente süt içeceği örneklerinin EPS miktarları Purwandari vd. (2007) tarafından uygulanan yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Yöntemde, 30 g fermente içecek örneği 8000 g'de 4°C'de 4 dakika santrifüj edilip süpernatant toplanmıştır. İki hacim etanol ve bir hacim süpernatant homojen bir şekilde karıştırılıp gece boyunca 4°C'de saklanmıştır. Çözelti daha sonra 2000 g'de 4°C'de 15 dakika santrifüj edilip süpernatant uzaklaştırılmıştır. Çökelti, 10 mL damıtılmış suda çözölmüş ve kalan proteini çöktürmek amacıyla 250 µL %80'lik trikloroasetik asit eklenmiştir. Karışım, gece boyunca 4°C'de bekletildikten sonra 2000 g'de, 4°C'de 15 dakika santrifüj edilerek süpernatant yeniden toplanmıştır. Son olarak, EPS 50°C'de kurutulup tartılmış ve sonuçlar kg fermente içecek başına EPS miktarı olarak ifade edilmiştir.

Reolojik özellikler

Fermente süt içecek örneklerine ait reolojik özellikler, Tratnik vd. (2006) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Örneklerin reolojik ölçümleri, Brookfield R/S Plus reometre (Brookfield, Middleboro, MA, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde çift boşluklu eş merkezli silindir (DG 3) kullanılmıştır. Ölçüm sırasında, su banyosu (Brookfield TC-502) ile örneklerin sıcaklığı 10°C'de sabit tutulmuştur. Örneklerin reolojik özellikleri, çıkış ve iniş eğrilerine ait veriler kullanılarak, üslü yasa modeline göre Rheo3000 (Rheotec Messtechnik GmbH, Berlin, Almanya) yazılımı ile belirlenmiştir.

Örnek ekstraktlarının hazırlanması

Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi için fermente süt içeceklerinin ekstraktlarının hazırlanmasında Pritchard vd. (2010)'nın kullandığı yöntemin modifiye hali uygulanmıştır. Fermente süt içeceklerinden 5 g tartılmış ve üzerine 20 mL saf su eklenmiştir. Karışım, Ultra Turrax (IKA T18, Staufen, Almanya) kullanılarak 2 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Elde edilen süspansiyona 3000 g hızında 15 dakika süreyle santrifüj (Hermle Z36HK, Wehingen, Almanya) işlemi uygulanmış ve üst faz ayrılarak analizlerde kullanılmak üzere 4°C'de depolanmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde tayini, Yirmibeşoğlu ve Öztürk (2020)'nin kullandıkları yöntem ile yapılmıştır. Hazırlanmış olan ekstraktlardan 500 µL alınarak üzerine deiyonize su ile 10 kat seyreltilmiş Folin-Ciocalteu çözeltisinden 2.5 mL eklenmiş ve karışım 2 dakika bekletilmiştir. Na₂CO₃ (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) çözeltisinden (%7.5) 2 mL ilave edilen karışım 30 saniye süresince vorteks (Velp Classic Vortex, Velp Scientifica, Usmate, İtalya) ile karıştırılmış ve örnekler 50°C'de 5 dakika bekletilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan örneklerin 760 nm dalga boyunda absorban değerleri spektrofotometre (Thermo scientific Evolution Array, Thermo Fisher Scientific, Seul, Güney Kore) ile ölçülmüştür. Örnekler yerine farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltileri kullanılarak eğri oluşturulmuştur (Ek-1). Toplam fenolik madde miktarı deney sonucunda elde edilen absorban değerleri ile oluşturulan eğri yardımıyla gallik asit (Sigma Aldrich, St. Louis, ABD) eşdeğeri mg/GAE 100g cinsinden hesaplanmıştır.

Antioksidan miktarı

Toplam antioksidan aktivite tayini Radikal süpürücü aktivite (DPPH, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ve Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS, 2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem ile belirlenmiştir. Radikal süpürücü aktivite DPPH analizi Fernández-León vd. (2013)'ün yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Fermente süt ekstraktları 2 kat distile suyla seyreltilmiş ve çözeltiden 0.5 mL cam deney tüplerine aktarılmıştır. Ekstraktların üzerine 1.0 mL DPPH çözeltisi (metanolde 60 µM olacak şekilde taze hazırlanmış) ilave edilerek vorteks ile 10 s karıştırılmıştır. DPPH radikalinin absorbanı saf metanole karşı 517 nm dalga boyunda ölçülerek kaydedilmiş ve diğer hazırlanan örneklerle birlikte oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. DPPH çözeltisi ve tüm örneklerin 517 nm dalga boyunda absorban değerleri ölçülmüştür. Troloks cinsinden sonuç verilebilmesi için farklı konsantrasyonlarda troloks çözeltileri hazırlanarak örnek yerine kullanılmış ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (EK-2). Örneklerin absorban değerleri ile DPPH'in absorban değeri arasındaki farklar kullanılarak elde edilen eğri yardımıyla mg trolox eşdeğerliği (TEAC)/kg cinsinden antioksidan aktivite hesaplanmıştır.

ABTS yöntemi ile troloks eşdeğer antioksidan kapasite analizi Apak vd. (2008) ile Özdemir vd. (2014)'ün yöntemleri modifiye edilerek belirlenmiştir. Çözeltiyi hazırlamak için 7 mM ABTS suda çözülerek ve 50 mL'ye seyreltilerek hazırlanmıştır. Çözeltinin üzerine nihai karışımda konsantrasyonu 2.45 mM olacak şekilde potasyum bisülfat eklenmiş ve çözelti karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir. Süre sonunda çözeltinin 734 nm dalga boyundaki absorbanı 0.700±0.02 değerine su ile seyreltilerek ayarlanmıştır. Paraprobiyotik içeren fermente süt ekstraktları 6 kat seyreltilmiş ve bu örneklerden 100 µL alınarak üzerine 1.9 mL ABTS ilave edilerek örneklerle karışması sağlanmıştır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için örnekler 6 dakika karanlıkta bekletilmiş, ardından spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbanı ölçülmüştür. Elde edilen absorban değerlerinden % inhibisyon değerleri Eşitlik 3.1'de verilen denkleme göre hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon } A_{734}(\%) = (1 - A_c/A_o) \times 100 \quad (3.1)$$

Elde edilen absorbands değerlerinden Trolox standart eğri denkleminde (EK-3) göre hesaplanan sonuçlar mg trolox eşdeğeri (TEAC)/kg cinsinden ifade edilmiştir (Ac=örnek absorbandsı, Ao=kontrol absorbandsı).

3.3.2. Mikrobiyolojik analizler

L. rhamnosus GG ve *B. bifidum* BB-12 sayımı fermente süt içeceklerinde mikrobiyolojik analizler depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde gerçekleştirilmiştir. Mikrobiyolojik ekimler yapılmadan önce 1/4 kuvvetinde ringer çözeltisi kullanılarak aseptik şartlar altında uygun desimal seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Anonymous 2001). *L. rhamnosus* GG sayımında pH değeri 6.5'e ayarlanan MRS agar besiyeri kullanılmıştır. Ekim işlemi dökme plak kültürel sayım yöntemi ile yapılmış olup ekim yapılacak petri kutularına aerobik ortamda (%5 CO₂) 37°C'de 48 saat inkübasyon işlemine tabi tutulmuştur (Lei vd. 2021) *B. bifidum* BB-12 sayımında %0.05 oranında L-sistein ilave edilen MRS agar besiyeri kullanılmıştır. Analiz dökme plak yöntemi ile yapılmış ve inkübasyon Anaerocult® A (Merck KGaA) kullanılarak 37°C'de 48 saat süresince gerçekleştirilmiştir (Yan vd. 2020).

Antibakteriyel aktivite

Antibakteriyel aktivitenin belirlenmesi amacıyla Reinheimer vd. (1990)'nin kullandıkları metot modifiye edilerek Kuyucuk Difüzyon Testi uygulanmış ve test bakterileri olarak *Bacillus cereus* NCTC 9946, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 35218 ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* DSM 18522 kullanılmıştır. Her bir kuyucuk çevresinde oluşan zonların çapları dijital kumpas ile ölçülerek sonuçlar milimetrik olarak ifade edilmiştir.

3.3.3. Tüketici kabul testi

Fermente süt içeceklerinin tüketici kabul testi için Vianna vd. (2017)'nin belirttikleri yöntemde bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. Değerlendirme, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden rastgele seçilen 100 eğitimsiz panelistin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Panelistler, lisans ve lisansüstü öğrenciler ile akademik personelden oluşmuştur. Paraprobiyotik içeren fermente süt içecekleri, polietilen kaplarda üç haneli kod kullanılarak servis edilmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde örneklerin özellikleri; görünüş, tat, koku, tekstür ve genel beğeni açısından 9 puanlık hedonik skala (1: kabul edilemez, 9: mükemmel) kullanılarak; ekşilik, aroma, kıvam ve kumluluk ise 5 puanlık skalaya göre zayıf-kuvvetli olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.2).

FERMENTE SÜT İÇECEKLERİNİN TÜKETİCİ KABUL TESTİ						
İsim	Tarih					
Katılmakta olduğunuz bu duyuşsal analizde amaç; farklı üretim yöntemleri ile üretmiş olduğumuz fermente süt içeceklerinin duyuşsal profilinin belirlenmesidir.						
Örnekler						
Görünüş (1-9)						
Tat (1-9)						
Ekşilik (1-5)						
Aroma (1-5)						
Tekstür (1-9)						
Kıvam (1-5)						
Kumluluk (1-5)						
Genel beğeni (1-9)						

Örnekleri
1 (kabul edilemez)-9 (mükemmel) ve
 1 (zayıf)- 5 (kuvvetli) skalasını kullanarak değerlendiriniz.

Şekil 3.2. Fermente süt içeceklerinin tüketici kabul testi

3.3.4. İstatiksel analizler

Araştırma 2 tekerrürlü yapılmış olup analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş vd. 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Fermente süt ieeği üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi

Çalışmada kullanılan çiğ sütlerin ortalama pH, titrasyon asitliği, kurumadde, protein, yağ ve kül değerleri sırasıyla 6.6, %0.22, %10.67, %3.00, %2.89 ve %0.61 olarak belirlenmiştir. Kurumadde ve yağ standardizasyonu işleminden sonra sütün yağ oranı %0.3'n altına ayarlanmış olup, yağsız kurumadde, protein ve kül değerlerinin sırasıyla %7.80, %3.00 ve %0.34 olduğu tespit edilmiştir.

4.1.2. Fermente süt içeceklerinin kurumadde, yağ, protein ve kül miktarları

Çizelge 4.1'de fermente süt içeceklerine ait % kurumadde, protein, kül ve yağ miktarı değerleri verilmiştir. Kurumadde, protein, kül ve yağ değerlerinin sırasıyla %8.16-%8.20, %3.02-%3.05, %0.62-%0.64 ile %0.2-%0.3 arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Fermente süt içeceklerine ait % kurumadde, protein miktarı, kül miktarı, yağ miktarı değerleri

rnek eşidi	Kurumadde miktarı (%)	Protein miktarı (%)	Kül miktarı (%)	Yağ miktarı (%)
LRK	8.16±0.11	3.05±0.02	0.62±0.01	0.1±0.01
LRS	8.17±0.09	3.02±0.01	0.62±0.01	0.1±0.01
LR	8.19±0.02	3.05±0.02	0.63±0.01	0.1±0.01
BBK	8.20±0.04	3.04±0.03	0.64±0.01	0.1±0.01
BBS	8.20±0.05	3.05±0.02	0.63±0.01	0.1±0.01
BB	8.20±0.18	3.02±0.01	0.62±0.01	0.1±0.01

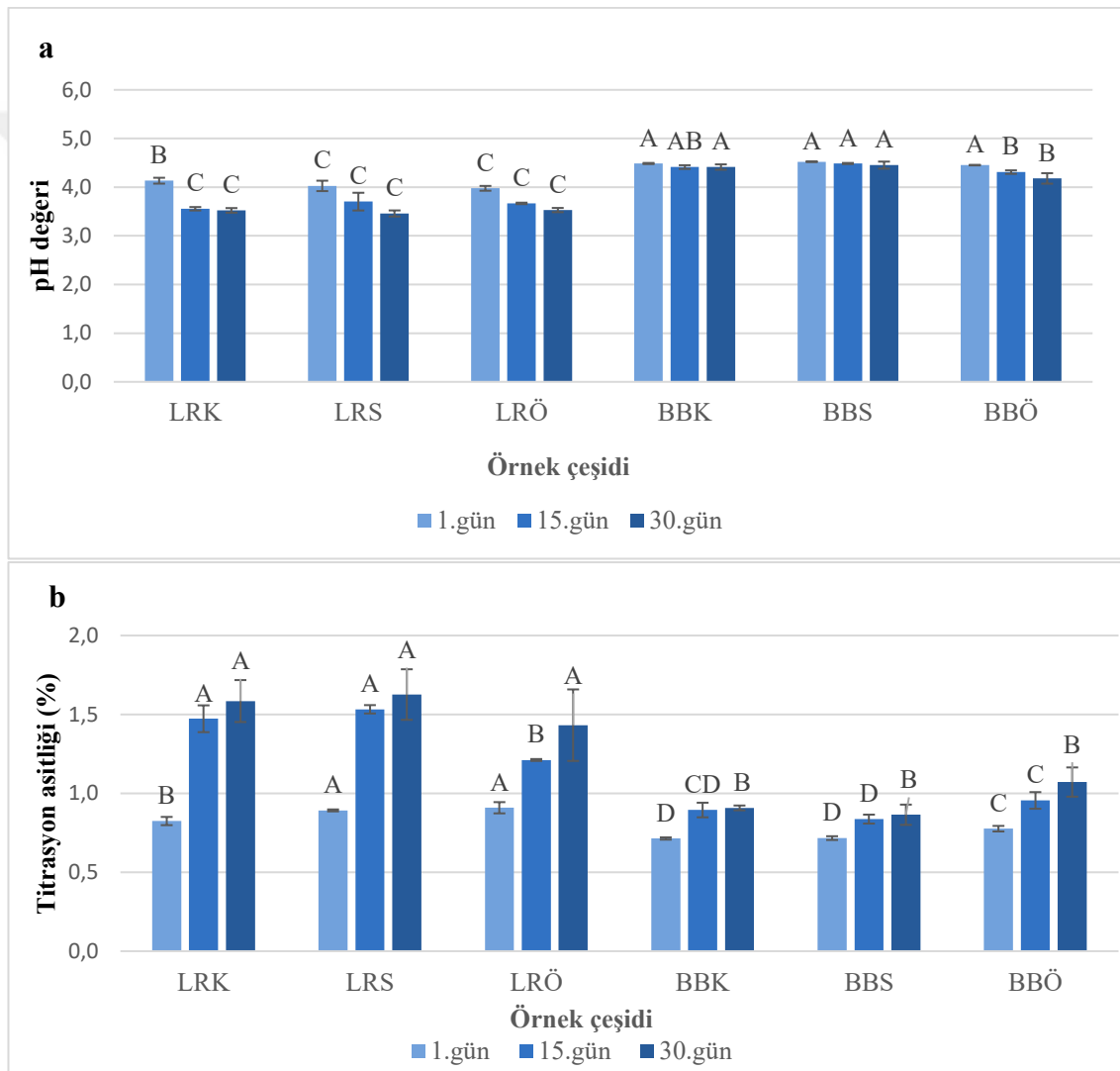
LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt ieeği, LR: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt ieeği, BBK: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği, BBS: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen fermente süt ieeği, BB: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. bifidum* BB12 eklenen ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen fermente süt ieeği

4.1.3. Fermente süt içeceklerine ait pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri

Fermente süt içeceklerinin pH değerlerinin ~4.6'ya ulaşması için gereken srelerin inkübasyondan önce inaktif *L. rhamnosus* GG ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ilave edilmeyen örnekler için sırasıyla ortalama 12 ve 19 saat oluğu belirlenmiştir. Inkübasyon öncesinde süte paraprobiyotik eklenerek üretilen LR ve BB rneklerinin inkübasyon sürelerinin ise sırasıyla ortalama 11 ve 16 saat olduğu saptanmıştır. Söz konusu fermentasyon sresindeki kısalma, inaktif probiyotik hücrelerin lizisiyle açığa çıkan amino asitler, peptitler ve diğer besin maddelerinin, starter bakterilerin büyümesini ve metabolik aktivitelerini teşvik etmesiyle ilişkilendirilebilir (Parveria vd. 2021b).

Fermente süt içeceklerine ait ortalama pH değerleri Şekil 4.1a'da verilmiştir. Fermente süt içeceklerinin depolamanın 1. günü sonunda ortalama pH değerleri 3.97 ile 4.52 arasında, 15. gün sonunda 3.55 ile 4.48 arasında ve 30. gün sonunda 3.52 ile 4.45 arasında değiştiği belirlenmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde en yüksek pH değerlerinin sırasıyla 4.52, 4.48 ve 4.45 olmak üzere BBS içeceğine ait olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince fermente süt içeceklerine ait en düşük pH değerlerinin ise LRÖ içeceğine ait olduğu saptanmıştır.

Fermente süt içeceklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri % laktik asit cinsinden Şekil 4.1b'de verilmiştir. Depolamanın 1. gününde en yüksek ve düşük titrasyon asitliği değerlerinin sırasıyla LRÖ ve BBK örneklerine, 30. gününde ise sırasıyla LRS ve BBS örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Fermente süt içeceklerine ait pH (a) ve titrasyon asitliği (%) (b) değerleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve

B. animalis subsp. lactis BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin varyans analizleri sonucunda incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi ve depolama süresinin her iki parametre üzerinde de $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, uygulama yönteminin pH değerleri üzerinde $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen pH ve titrasyon asitliği (%) değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	pH değeri			Titrasyon asitliği (%)	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	6.290	1359.75***	2.333	339.47***
Uygulama yöntemi (UY)	2	0.039	8.51**	0.001	0.26
Depolama süresi (D)	2	0.552	119.53***	0.968	140.84***
BÇ * UY	2	0.032	7.07**	0.101	14.78***
BÇ * D	2	0.202	43.84***	0.269	39.25***
UY * D	4	0.010	2.30	0.013	1.94
BÇ * UY * D	4	0.020	4.38**	0.022	3.23*
Hata	36	0.166		0.247	

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

Çizelge 4.3'te fermente süt içeceklerine ait pH ve titrasyon asitliği değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. Üretiminde BB12 kullanılan fermente süt içeceklerinin pH değerlerinin istatistiksel olarak ($P<0.01$) LGG ile hazırlanan içeceklere göre yüksek olduğu, titrasyon asitliği değerlerinin ise düşük olduğu saptanmıştır. İnkübasyon öncesinde paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinin pH değerlerinin kontrol ve inkübasyondan sonra paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerine göre düşük olduğu belirlense de bu farkın teknolojik açıdan öneme sahip olmadığı değerlendirilmiştir. Fermente süt içeceklerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine uygulama yönteminin etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresince fermente süt içeceklerinin pH değerlerinin azaldığı, titrasyon asitliği değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Fermente süt içeceklerinin depolama süresince belirlenen pH ve titrasyon asitliği (%) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	pH değeri	Titrasyon asitliği (%)
LGG	3.73±0.25 b	1.28±0.32 a
BB12	4.41±0.11 a	0.86±0.11 b
Uygulama yöntemi		
Kontrol	4.09±0.41 a	1.07±0.38 a
Sonra	4.11±0.43 a	1.08±0.37 a
Önce	4.02±0.34 b	1.06±0.23 a
Depolama süresi (Gün)		
1	4.27±0.23 a	0.81±0.08 c
15	4.02±0.40 b	1.15±0.28 b
30	3.93±0.44 c	1.25±0.34 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Lacticaseibacillus casei (Lc) veya *Lacticaseibacillus rhamnosus* (Lr) probiyotiklerinin farklı konsantrasyonda (%1, %1.5, %2, %2.5 ve %3) aşılınmasıyla fermente yağsız süt içeceklerinin üretildiği bir çalışmada, Lc ve Lr ile üretilen içeceklerin pH değerlerinin 28 günlük depolama süresince sırasıyla 4.49-3.05 ve 4.49-3.76 arasında; titrasyon asitliği değerlerinin ise sırasıyla %0.28-1.34 ve %0.28-0.29 arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, pH değerlerindeki düşüş ve titrasyon asitliği değerlerindeki artışı, ortamda bulunan laktoz ve sakkarozun probiyotik mikroorganizmalar tarafından tüketilmesi sonucunda artan laktik asit üretimi ile açıklamışlardır (Shabbir vd. 2023). Casarotti vd. (2014) yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* (La) ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (Bb) suşları ile ürettikleri fermente süt ürünlerinin pH değerlerinin depolama süresince sırasıyla 4.62-4.23 ve 4.60-4.23 arasında değiştiğini saptamışlardır. Fermente süt ürünlerinin pH değerlerinde meydana gelen değişimin; sütün başlangıç pH değeri, ürünlerin depolama sıcaklığı ve süresi ile bakteri türüne bağlı olarak probiyotiklerin asidik koşullardaki aktivitelerinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, farklı oranlarda soya sütü (%25-100) ve inek sütü (%0-75) ile hazırlanan karışımlar farklı oranlarda glikoz (%0, %1, %3 ve %5) ilavesinden sonra *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG (LGG) suşu ile fermente edilerek toplam 16 farklı ürün elde edilmiştir. Üretilen fermente içeceklerde 4°C’de 28 günlük depolama süresince pH ve titrasyon asitliği değerlerinin sırasıyla yaklaşık 4.36’dan 3.89’a düştüğü ve 0.58 g/100 g’dan 1.44 g/100 g’a arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, süt karışımlarındaki glikoz oranı artışının ürünlerde daha düşük pH ve yüksek titrasyon asitliği değerleri ile sonuçlandığını, ayrıca LGG’nin fermentasyon sonrasında da özellikle glikoz varlığında laktik asit üretimini devam ettirdiğini belirtmişlerdir (Okur vd. 2025). Laktozu hidrolize edilen ve edilmeyen peyniraltı suyu (kontrol) kullanılarak *Lactobacillus acidophilus* La-5 ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 ile fermente içecek üretilen başka bir çalışmada ise *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyonlarda hem kontrol hem de hidrolize laktoz içeren peyniraltı suşlarında ilk 8. saat süresince pH değerlerinde azalma olmadığı ve inkübasyon süresinin *L. acidophilus* La-5 ile üretilen ürünlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu durumun bifidobakterilerin laktobasillere göre daha az laktik asit üretme yeteneklerinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada fermentasyonun gerçekleştirildiği sıcaklık değerinin (37°C) *L. acidophilus* La-5 için daha uygun olduğu; bifidobakterilerin optimum gelişimleri için daha yüksek fermentasyon sıcaklık değerlerinin gerektiği belirtilmiştir (Matijević vd. 2011). Çalışmamızda fermente süt içeceklerine ait pH ve titrasyon asitliği değerlerinin yukarıda bahsi geçen çalışmalarda bulunan sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

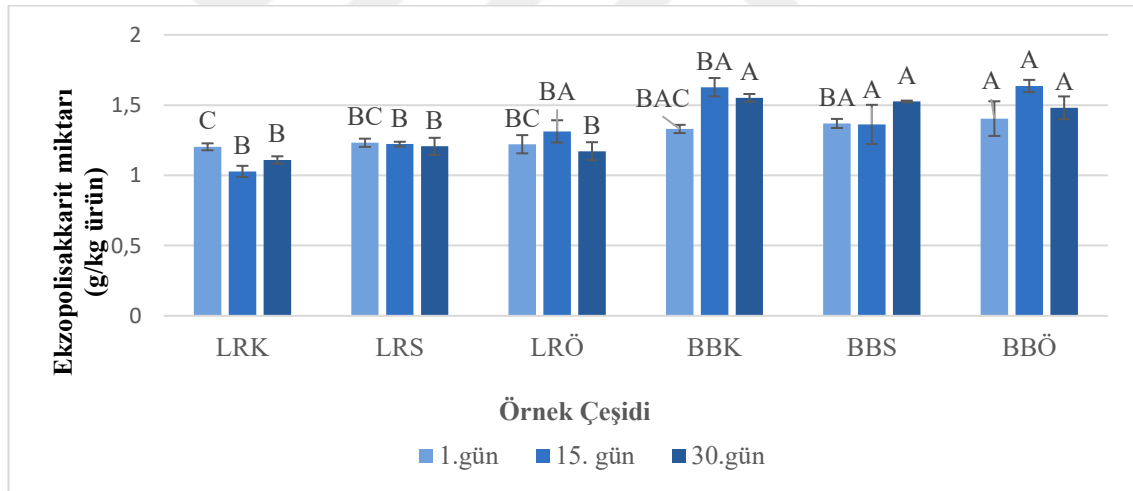
Süt, bifidobakterilerin gelişimi için besleyici bir ortam olmasına rağmen düşük konsantrasyonlarda amino asit ve düşük molekül ağırlıklı peptitler içermesi bifidobakterilerin sütte yavaş gelişmesine neden olmaktadır (Nguyen vd. 2012). Bifidobakteriler, gelişimleri sırasında frutoz-6-fosfat yoluyla hem laktik asit hem de asetik asit üreten heterofermentatif bakterilerdir (Donkor vd. 2007). Bununla birlikte, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 izoenzim formunda (aynı substrata etkili olan fakat birden fazla işlevli enzimler) β -galaktozidaz sentezlemekte ve karbonhidrat kaynakları ile asit üretiminin yanı sıra oligosakkarit üretimi de gerçekleştirebilmektedir. (Nguyen vd. 2009). *Lactobacillus rhamnosus* GG’nin metabolizması ise fakültatif heterofermentatif özellik göstermektedir. *L. rhamnosus*, heksozları Embden-Meyerhof glikoliz yolunu kullanarak L(+) laktik aside dönüştürmektedir. Ayrıca *L. rhamnosus*

sentezleyebildiği aldolaz ve fosfoketolaz enzimlerinin etkisiyle pentozları da fermente edebilmektedir. Glikozun yeterli olduğu ortamlarda *L. rhamnosus* %1.5 oranına kadar laktik asit üretilebilmektedir. Glikozun ortamda bulunmadığı koşullarda ise laktik asit ile birlikte asetik asit, formik asit ve etanol üretimi de gerçekleştirebilmektedir (Valik vd. 2008).

Çalışmamızda, BB12 ile LGG kullanılarak elde edilen fermente süt içeceklerinin asitlik değerleri arasındaki farklılıkların her iki bakterinin metabolizmalarının ve fermentasyon sonrası ürettikleri bileşenlerin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bununla birlikte laktik asit bakterilerinin karbonhidrat kaynaklarını metabolize etmesine bağlı olarak, çalışmamızda üretilen fermente süt içeceklerinin asitlik değerlerinin depolama süresince arttığı değerlendirilmiştir.

4.1.4. Fermente süt içeceklerine ait ekzopolisakkarit miktarları

Fermente süt içeceklerine ait ortalama ekzopolisakkarit (EPS) miktarları Şekil 4.2’de görülmektedir. Fermente süt içeceklerinin EPS miktarlarının depolamanın 1. gününde 1.20 ile 1.40 g/kg, 15. gününde 1.03 ile 1.64 g/kg ve 30. gününde ise 1.11 ile 1.55 g/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Depolamanın 1. ve 15. günü en yüksek EPS miktarının BBÖ içeceğine (1.40-1.64 g/kg), 30.gününde ise BBK örneğine (1.55 g/kg) ait olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.2. Fermente süt içeceklerine ait ortalama ekzopolisakkarit miktarları

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Çizelge 4.4’te görüldüğü üzere incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidinin fermente süt içeceklerinin ekzopolisakkarit miktarları üzerine $P < 0.001$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen ekzopolisakkarit miktarlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Ekzopolisakkarit miktarı (g/kg ürün)		
	S.D.	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	0.73940	105.50***
Uygulama yöntemi (UY)	2	0.01342	1.92
Depolama süresi (D)	2	0.02422	3.46
BÇ * UY	2	0.02773	3.92*
BÇ * D	2	0.05987	8.54**
UY * D	4	0.00731	1.04
BÇ * UY * D	4	0.01394	1.99
Hata	36	0.00701	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Çizelge 4.5'te fermente süt içeceklerine ait ekzopolisakkarit miktarlarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. BB12 kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinin LGG ile üretilen örneklerle göre fazla miktarda ekzopolisakkarit içerdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte fermente süt içeceklerinde en yüksek EPS miktarlarına depolamanın 15. gününde ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen ekzopolisakkarit miktarlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	Ekzopolisakkarit miktarı (g/kg ürün)
LGG	1.19±0.09 b
BB12	1.48±0.14 a
Uygulama yöntemi	
Kontrol	1.31±0.23 a
Sonra	1.32±0.15 a
Önce	1.37±0.17 a
Depolama süresi (Gün)	
1	1.28±0.12 b
15	1.37±0.23 a
30	1.34±0.19 ba

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

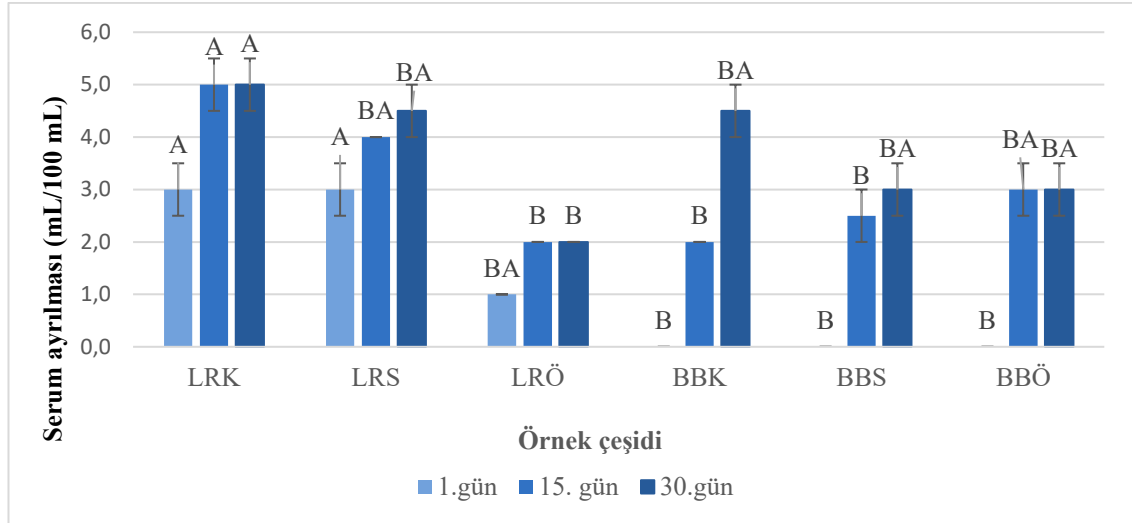
Bakteri türlerine ve suşlarına bağlı olarak üretilen EPS'nin içeriği değişebilmektedir. *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103 suşunun EPS içeriğinin 1:1:4 molar oranlarında sırasıyla rhamnoz, N-asetilglukozamin ve galaktozdan oluştuğu bildirilmektedir (Landersjö vd. 2002). *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşunun ürettiği EPS'nin karbonhidrat içeriği ise %29.8 glikoz, %30.5 galaktoz, %17.6 glukuronik asit, %12.0 rhamnoz ve %10.8 ksilozdan oluşmaktadır (Amiri vd. 2019). Yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus rhamnosus* suşlarının (LOCK 0943, LOCK 0935 ve OM-1) farklı karbonhidratlar (glikoz, maltoz, galaktoz, sukroz, fruktoz ve laktoz) içeren besiyeri ortamlarında EPS üretimleri incelenmiş ve glikoz, galaktoz ve laktoz varlığında EPS miktarları sırasıyla yaklaşık 90-125 mg/L, 85-148 mg/L ve 70-110 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışma ile *L. rhamnosus* suşları ve karbonhidrat kaynağı değişiminin EPS üretimini etkilediği ortaya koyulmuştur (Oleksy-Sobczak ve Klewicka 2020). İnsan sütünden izole edilen altı farklı *Lactobacillus rhamnosus* suşunun (SHA111, SHA113, SHA114, SHA115, SHA116 ve SHA117) %20 oranında glikoz içeren MRS besiyeri ortamında 37°C'de 48 saat süresince 461-737 mg/L arasında EPS ürettiği rapor edilmiştir

(Rajoka vd. 2018). Laktik asit bakterilerinin glikoz içeren ortamlarda laktoz içerenlere göre daha yüksek miktarda EPS üretebildiği ve söz konusu durumun laktozun önce glikoz-6-fosfata parçalanmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Ng vd. 2021). Amiri vd. (2021), *Lactobacillus acidophilus* LA5 ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşlarını kullanarak farklı başlangıç pH değerlerine (5-7) sahip ve farklı oranlarda maya ekstraktı (%0-4) içeren peyniraltı suyu ve süt permeatı ortamlarında farklı sıcaklık (30-38°C) ve inkübasyon sürelerinde (12-48 saat) EPS üretimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, azot içeriğine bağlı olarak maya özütü kullanımının EPS üretimini teşvik ettiğini ve EPS üretim yeteneği açısından *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 suşunun teknolojik olarak kullanımının *L. acidophilus* LA5'a göre daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda fermente süt içeceklerine ait EPS miktarlarının diğer çalışmalarda saptanan değerlerden yüksek olduğu belirlenmiş ve söz konusu durumun kullanılan süt bileşimi, probiyotik türü ile inkübasyon koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Laktik asit bakterilerinin EPS üretimi ortam pH değeri ve buna bağlı olarak da inkübasyon süresinden etkilenebilmektedir (Haj-Mustafa vd. 2015). EPS oluşumu ile glikozil hidrolaz enzimleri tarafından EPS'nin yıkımının dengede olduğu pH değeri, EPS sentezi için en iyi değer olarak kabul edilmektedir. Söz konusu pH değerinin laktik asit bakterilerinin türlerine göre değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık 6 olduğu bildirilmektedir (Laws ve Marshall 2001). Çalışmamızda *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 suşunun kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerin pH değerinin ~4.6'ya ulaşması için gereken sürenin uzun ve depolama süresince pH değerlerinin *L. rhamnosus* GG suşu kullanılarak elde edilen ürünlere göre yüksek olması *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 suşu kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerindeki EPS sentezini etkilediği değerlendirilmiştir.

4.1.5. Fermente süt içeceklerine ait serum ayrılması değerleri

Depolama süresince fermente süt içeceği örneklerinde belirlenen serum ayrılması değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Örneklerle ait ortalama serum ayrılması değerlerinin depolamanın ilk gününde 0 ile 3 mL/100 mL arasında, depolamanın 15. gününde sonunda 2 ile 5 mL/100 mL arasında ve depolamanın 30. gününde ise 2 ile 5 mL/100 mL arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın 1. gününde *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 suşu ilave edilerek üretilen fermente süt içeceklerinde serum ayrılmasının olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince en yüksek serum ayrılması değerlerinin ise LRK içeceğine ait olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.3. Fermente süt içeceklerine ait ortalama mL/ 100 mL serum ayrılması değerleri
 LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin serum ayrılması değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi ve depolama süresinin fermente süt içeceklerinin serum ayrılması değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde; uygulama yönteminin ise $P < 0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (mL) değerlerine ait ortalamaların varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serum ayrılması değeri (mL/100 mL)		
	S.D.	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	14.694	17.065***
Uygulama yöntemi (UY)	2	6.361	7.387**
Depolama süresi (D)	2	20.528	23.839***
BÇ * UY	2	5.861	6.806**
BÇ * D	2	3.028	3.516
UY * D	4	0.569	0.661
BÇ * UY * D	4	0.569	0.661
Hata	36	0.861	

$P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fermente süt içeceklerine ait serum ayrılması değerlerine ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, fermente süt içecekleri üretiminde bakteri çeşidi olarak LGG'nin kullanılmasının örneklerin serum ayrılması değerlerinde artışa yol açtığı belirlenmiştir. Bununla birlikte,

inaktif probiyotik bakterilerin inkübasyon öncesinde eklenmelerinin fermente süt içeceklerinin serum ayrılması değerlerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince fermente süt içeceklerinin serum ayrılması değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.7. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen serum ayrılması (mL) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	Serum ayrılması (mL/ 100 mL)
LGG	3.28±1.56 a
BB12	2.00±1.71 b
Uygulama yöntemi	
Kontrol	3.25±2.05 a
Sonra	2.83±1.64 a
Önce	1.83±1.27 b
Depolama süresi (Gün)	
1	1.17±1.53 b
15	3.08±1.31 a
30	3.67±1.37 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

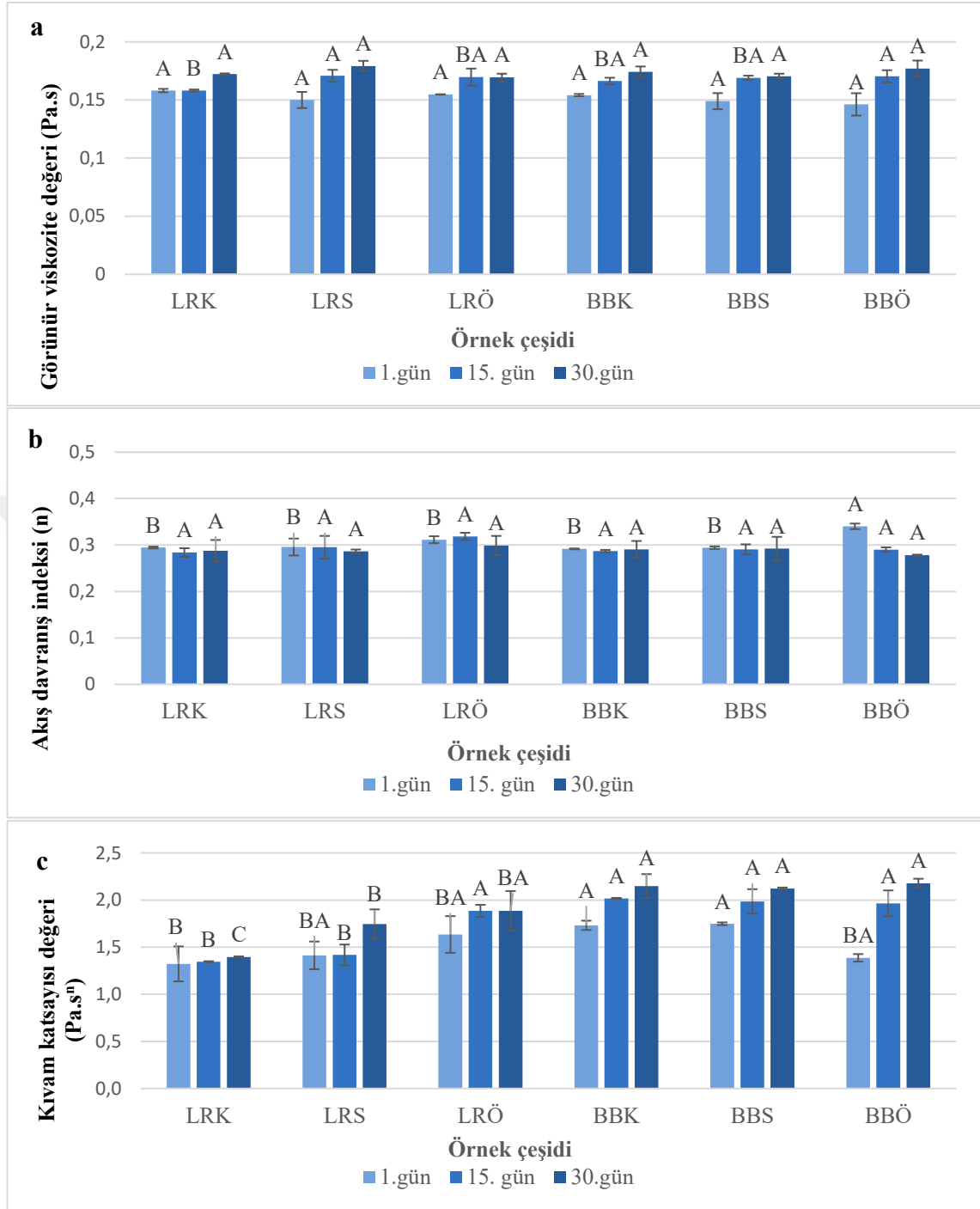
Nalbant ve Yüceer (2020) yaptıkları çalışmada, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ile ürettikleri fermente sütlerin serum ayrılması değerlerinin 30 gün depolama süresince 13.12 ile 13.25 mL/25 mL ürün arasında değiştiğini, *Lactobacillus acidophilus* ile ürettikleri fermente sütlerin ise serum ayrılması değerlerinin depolama süresince sabit (13.12 mL) kaldığını belirlemişlerdir. Farklı bakteri çeşidi kullanımının fermente sütlerin serum ayrılması değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmediğini ($P>0.05$) saptamışlardır. Yapılan başka bir çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum* içeren ayran örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerlerinin sırasıyla %6.8-36 ve %6.5-36 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin serum ayrılması değerlerinin ayran üretim yöntemi ile probiyotik türüne bağlı olarak değiştiği ve depolama süresince asitliğin artmasıyla birlikte kazein misellerinin bir araya toplanmasını önleyen elektron yüklü grupların itici kuvvetler oluşturarak serumun ayrılmasını teşvik ettiği bildirilmiştir (Yeniçeri vd. 2021). *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 ile fermente edilen peyniraltı suyu ve yağsız süt ortamlarının dondurarak kurutulup postbiyotik tozların elde edildiği bir çalışmada ise postbiyotik tozların %1 oranında ilave edilmesiyle üretilen yağsız yoğurt örneklerinin, toz ilave edilmeksizin üretilen yoğurtlara göre daha düşük miktarlarda serum ayrılmasına sahip olduğu belirlenmiştir. Söz konusu durumun postbiyotik tozun içerdiği ekzopolisakkaritlerin yoğurdun jel yapısını güçlendirerek su tutma kapasitesini artırmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Yousefvand vd. 2024). Paraprobiyotik kullanılarak yoğurt üretiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada ise fermentasyon öncesi süte inaktif *Lactobacillus acidophilus* ATCC SD 5221 (LA), inaktif *Bifidobacterium lactis* BB-12 (BL) ile fermentasyon sonrası yoğurtlara inaktif LA ve BL bakterileri ilave edilerek ve ilave edilmeksizin (kontrol) elde edilen ürünlerin serum ayrılması değerleri incelenmiş ve inaktif bakteri içeren yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerlerinin, diğer örneklerle göre istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir. Araştırmacılar, serum ayrılmasındaki azalmayı, inaktif edilmiş probiyotik hücrelerinin içerdiği ekzopolisakkaritlerle ilişkilendirmişler ve paraprobiyotik

kullanımının ürünlerde su tutma kapasitesini geliştirerek yapısal stabiliteyi artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca depolama süresinin uzamasına bağlı olarak yoğurt örneklerinde serum ayrılması miktarındaki artışın, üretimde kullanılan probiyotiklerin ve yoğurt bakterilerinin soğuk depolama koşullarında canlılıklarını sürdürmelerinden ve zamanla proteinleri hidrolize etmelerinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Parvarei vd. 2021c).

EPS, fermente ürünlerde oluşan jellerin yapısal ve reolojik özelliklerini iyileştirebilmektedir. Fermente süt ürünlerinde bulunan kapsüler polisakkarit ve EPS'nin protein matrisi içindeki suyu bağlama özelliğinden dolayı ürünlerdeki serum ayrılmasını azaltabilme kapasitesine sahip olduğu belirtilmektedir (Priyashantha vd. 2021). Çalışmamızda, *B. animalis subsp. lactis* BB12 suşu ile üretilen fermente süt içeceklerindeki düşük serum ayrılması değerlerinin ürünlerdeki EPS miktarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bununla birlikte, fermente süt içeceklerine ait serum ayrılması değerlerinin kullandığımız sütün bileşimine (kurumadde, yağ, mineral madde içeriği vb.), bakteri türüne ve elde edilen ürünlerin asitlik değerlerine bağlı olarak diğer çalışmalarla farklılık göstermiş olabileceği değerlendirilmiştir.

4.1.6. Fermente süt içeceklerine ait reolojik analiz değerleri

Fermente süt içeceklerinin görünür görünür viskozite değerlerinin depolamanın 1. gününde 0.146-0.158 Pa.s arasında, 15. gününde 0.158-0.170 Pa.s arasında ve 30. gününde ise 0.169-0.179 Pa.s arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 4.4a). Depolamanın 1. gününde en yüksek görünür viskozite değerlerinin LGG ve BB12 kullanılarak üretilen kontrol örneklerine ait olduğu belirlenirken, analizlerin gerçekleştirildiği diğer depolama günleri için sırasıyla LRS ile BBÖ örneklerinin en yüksek görünür viskozite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yapılan reolojik analiz sonucunda, fermente süt içeceklerinin akış davranış indeksi (n) değerlerinin depolamanın 1. gününde 0.29-0.34 arasında, 15. gününde 0.28-0.31 arasında ve 30. gününde 0.27-0.29 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.4b). Üretilen fermente süt içeceklerinin Newtoniyen olmayan ($n < 1$) psödoplastik akış davranışı gösterdiği saptanmıştır. Şekil 4.4c incelendiğinde, fermente süt içeceklerinin kıvam katsayısı değerlerinin depolamanın 1. gününde 1.32-1.74, 15. gününde 1.34-2.01 ve 30. gününde ise 1.39-2.17 Pa.sⁿ değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süresince BB12 ile üretilen fermente süt içeceği örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin, LGG ile üretilen fermente süt içeceklerinin kıvam katsayısı değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4. Fermente süt içeceklerinin görünür viskozite (a), ait akış davranış indeksi (b) ve kıvam katsayısı (c) değerleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait varyans analizleri sonucunda; incelenen ana varyasyon kaynaklarından depolama süresinin, görünür viskozite üzerine $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ana varyasyon kaynaklarının fermente süt içeceklerinin akış davranış indeksi değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Örneklerin kıvam katsayısı değerleri üzerine ise bakteri çeşidinin $P<0.001$ önem düzeyinde, depolama süresinin ise $P<0.01$ önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Görünür viskozite (Pa.s)			Akış davranış indeksi (n)		Kıvam katsayısı (Pa.s ⁿ)	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	3.55e-6	0.0360	3.27e-5	0.0961	11.638	33.396***
Uygulama yöntemi (UY)	2	2.64e-6	0.0268	9.78e-4	28.752	0.0791	2.271
Depolama süresi (D)	2	7.80e-4	79.219**	6.93e-4	20.386	0.2702	7.752**
BÇ * UY	2	2.65e-5	0.2689	5.51e-5	0.1618	0.2534	7.270**
BÇ * D	2	8.96e-6	0.0910	2.02e-5	0.0594	0.0295	0.846
UY * D	4	6.79e-5	0.6901	3.62e-4	10.642	0.0327	0.937
BÇ * UY * D	4	7.26e-5	0.7375	1.64e-4	0.4824	0.0396	1.137
Hata	36	9.85e-5		3.40e-4		0.0348	

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

Fermente süt içeceklerine ait görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Fermente süt içeceği örneklerinin görünür viskozite değerlerinin depolamanın 1. ve 15. gününde sabit kaldığı, 30. gününde ise arttığı saptanmıştır. İnkübasyon öncesinde paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinin akış davranış indeksi değerlerinin, kontrol örneklerine göre yüksek olduğu belirlenmiştir. BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerinin kıvam katsayısı değerlerinin, LGG eklenerek üretilen fermente süt içeceklerine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.01$) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fermente süt içeceği örneklerinin kıvam katsayısı değerlerinin depolamanın 1. ve 15. gününde sabit kaldığı, 30. gününde ise arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.9. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen görünür viskozite, akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	Görünür viskozite değerleri (Pa.s)	Akış davranış indeksi değerleri (n)	Kıvam katsayısı değerleri (Pa.s ⁿ)
LGG	0.165±0.010 a	0.297±0.018 a	1.56±0.25 b
BB12	0.164±0.012 a	0.295±0.019 a	1.92±0.26 a
Uygulama yöntemi			
Kontrol	0.164±0.008 a	0.289±0.010 b	1.66±0.35 a
Sonra	0.165±0.012 a	0.292±0.013 ba	1.74±0.29 a
Önce	0.165±0.012 a	0.306±0.025 a	1.82±0.29 a
Depolama süresi (Gün)			
1	0.157±0.008 b	0.304±0.015 a	1.64±0.28 b
15	0.163±0.012 b	0.295±0.022 a	1.67±0.29 b
30	0.172±0.005 a	0.291±0.015 a	1.86±0.30 a

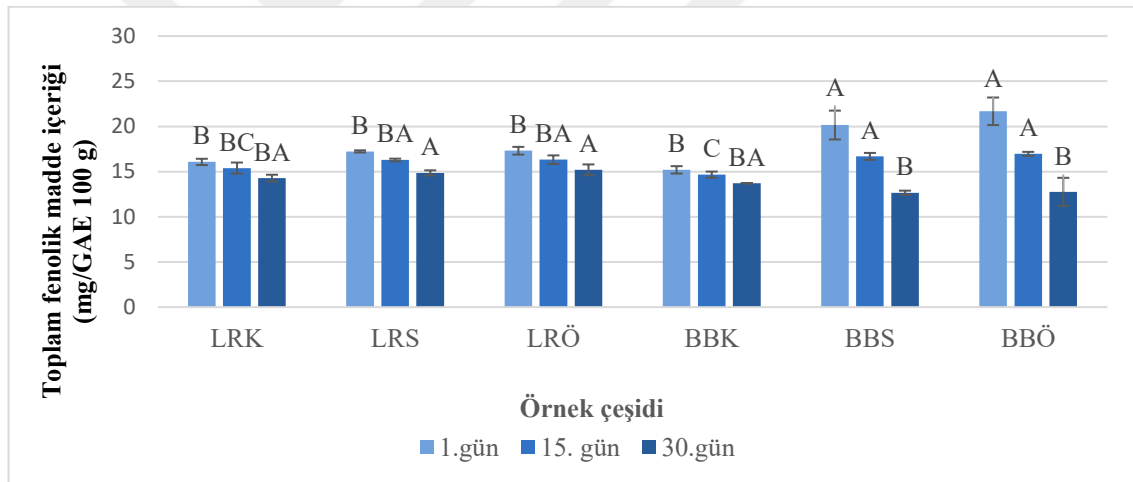
Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Yapılan bir çalışmada yoğurt starter kültürleri ile *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 kullanılarak farklı inkübasyon sıcaklıkları (37, 42 ve 45°C) ile inkübasyon sonlandırma pH'larında (4.8, 4.6 ve 4.4) üretilen probiyotik yoğurtların görünür viskozite değerlerinin depolama süresince arttığı ve 14.0-36.2 Pa.s arasında değiştiği saptanmıştır. Probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan yoğurt bakterileri ile probiyotik bakterilerin depolama sürecince ekzopolisakkarit, kısa zincirli yağ asitleri ve vitamin sentezlemeye devam etmesinden dolayı ürünlerin görünür viskozite değerlerinin arttığı belirtilmiştir (Çomak Göçer vd. 2016). Kuş (2010), yoğurt bakterileri ile birlikte insan orjinli *Lactobacillus rhamnosus* IF7, *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* IF10, *Lactobacillus fermentum* IF 14 ve *Lactobacillus fermentum* IF 15 suşlarını kullanarak ürettiği ayran örneklerinde 21 günlük depolama süresince en düşük görünür viskozite değerini 9.1 mPa.s; en yüksek görünür viskozite değerini ise 19.6 mPa.s olarak belirlemiş, ayrıca tüm ayran örneklerinin görünür viskozite değerlerinin depolama süresince arttığını ortaya koymuştur. Purohit vd. (2009) yaptıkları çalışmada yağsız süt (%11 kurumadde) kullanarak EPS üreten (*Streptococcus thermophilus* ST-5581, *Streptococcus thermophilus* ST-4239, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* LB-3984, *Streptococcus thermophilus* ST-PH, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* JFR1) ve EPS üretmeyen (*Streptococcus thermophilus* ST-5842) suşlarla fermente ürünler üretmişlerdir. Fermentasyon sonunda EPS üreten suşların kullanılmasıyla elde edilen fermente ürünlerin görünür viskozite ve akış davranış indeksi değerlerinin sırasıyla 0.1063-0.2633 Pa.s ve 0.3272- 0.3828 arasında, EPS üretmeyen suşun kullanıldığı ürünün görünür viskozite ve akış davranış indeksi değerlerinin ise sırasıyla 0.1136 Pa.s ve 0.3495 olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt bakterileriyle birlikte *Lactobacillus plantarum* MC5 suşunun dört farklı oranda kullanılmasıyla üretilen probiyotik yoğurtların görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerlerinin sırasıyla ortalama 2.10-22.50 Pa.s arasında ve 2.51- 49.09 Pa.sⁿ arasında değiştiği bir çalışmada, görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerlerinin ürünlerdeki EPS miktarı ile doğrusal korelasyon gösterdiği ve EPS miktarındaki artışla birlikte arttığı tespit edilmiştir. Söz konusu durum, EPS ile kazein miselleri arasında oluşan girişimler ile jel yapısının iyileşmesinden kaynaklanabileceği şeklinde açıklanmıştır (Zhao ve Liang 2022).

Çalışmamızda tespit edilen reolojik parametrelere ait sonuçlardaki farklılıkların kullanıldığımız probiyotik mikroorganizmalar tarafından üretilen EPS miktarları ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Depolama süresince fermente süt içeceklerinin görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerlerindeki artış ile akış davranış indeksi değerlerindeki azalmanın literatürde daha önce Çomak Göçer vd. (2016), Kuş (2010), Purohit vd. (2009) ile Zhao ve Liang (2022) tarafından bildirilen sonuçlarla paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

4.1.7. Fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içerikleri

Fermente süt içeceklerine ait ortalama toplam fenolik madde içerikleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde sırasıyla 15.19 ile 21.67 mg/GAE 100 g arasında, 15.38 ile 16.96 mg/GAE 100 g arasında ve 12.65 ile 15.19 mg/GAE 100 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. LGG içeren fermente süt içecekleri arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği LRÖ içeceğinde saptanmış olup toplam fenolik madde içeriğinin depolama süresince 17.30 mg/GAE'den 15.19 mg/GAE 100 g'a düştüğü belirlenmiştir. BB12 içeren fermente süt içecekleri incelendiğinde, BBÖ içeceğinin depolamanın 1. ile 15. günlerinde en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.5. Fermente süt içeceklerine ait toplam fenolik madde içerikleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin varyans analizi incelendiğinde, ana varyasyon kaynaklarından uygulama yöntemi ve depolama süresinin fermente süt örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri üzerine sırasıyla $P < 0.05$ ve $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Toplam fenolik madde miktarı (mg/GAE 100 g)		
	S.D.	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	0.257	0.111
Uygulama yöntemi (UY)	2	11.034	4.766*
Depolama süresi (D)	2	38.309	16.548***
BÇ * UY	2	1.965	0.849
BÇ * D	2	8.380	3.620
UY * D	4	3.824	1.652
BÇ * UY * D	4	2.624	1.134
Hata	36	2.315	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Çizelge 4.11’de fermente süt içeceklerine ait toplam fenolik madde içeriklerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. Kullanılan bakteri çeşitleri açısından değerlendirildiğinde, LGG eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnkübasyon sonrası ve öncesinde inaktif probiyotik bakteri eklenen fermente süt içeceklerinin kontrol grubuna göre daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Depolamanın, 1. ve 15. günlerinde fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı, örneklere ait toplam fenolik madde içeriklerinin depolamanın 30. günde ise en düşük miktarda olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	Toplam fenolik madde miktarı (mg/GAE 100g)
LGG	15.88±1.05 a
BB12	16.05±3.14 a
Uygulama yöntemi	
Kontrol	14.88±0.86 b
Sonra	16.31±2.44 a
Önce	16.71±2.89 a
Depolama süresi (Gün)	
1	17.14±2.06 a
15	16.85±2.12 a
30	14.14±1.14 b

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

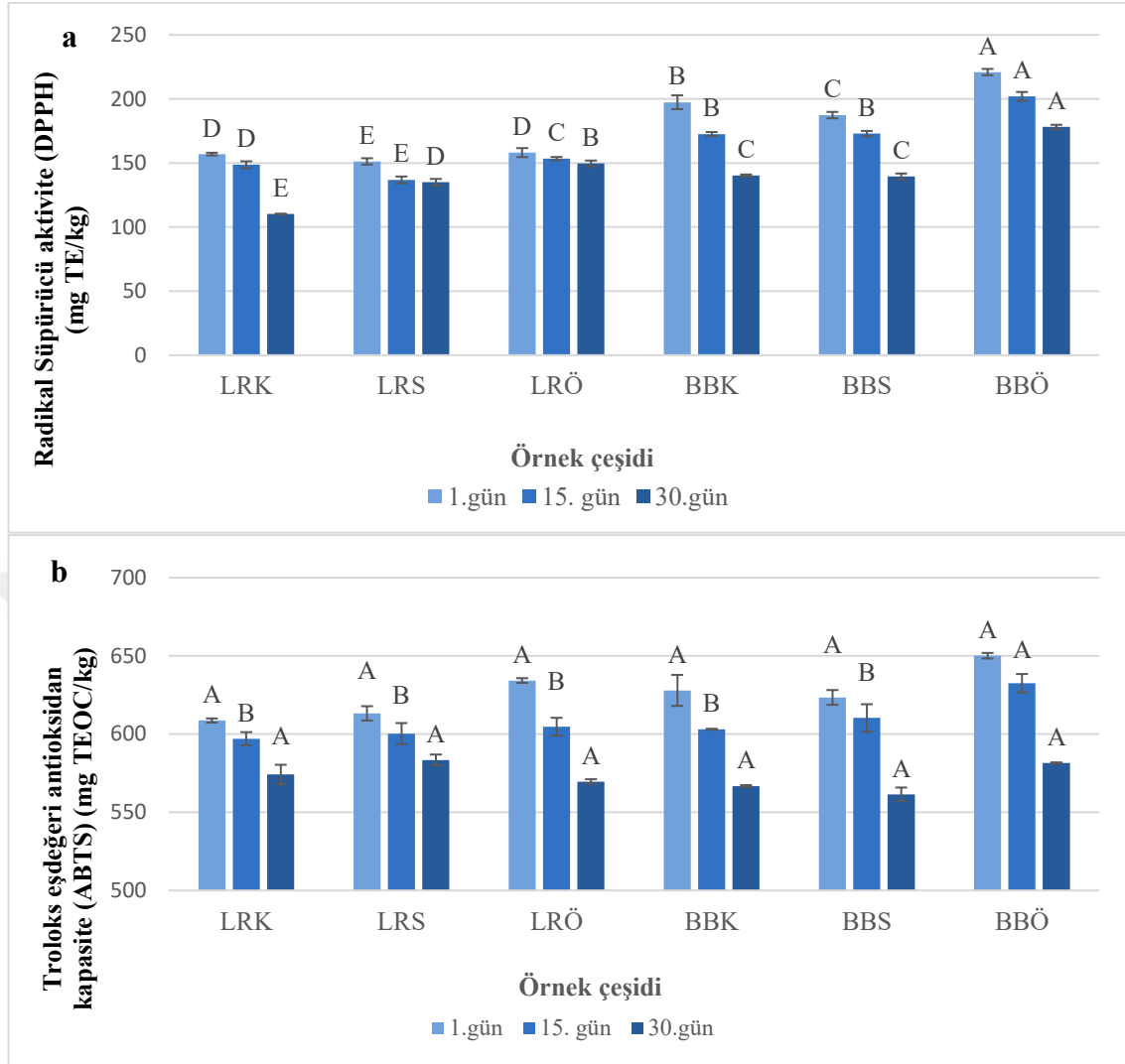
Süt, fenol, kresol, timol ve karvakrol gibi çeşitli fenolik bileşikler içerebilmektedir (Ertan vd. 2017). Sütün içerdiği fenolik bileşikler sütün elde edildiği hayvanların cinsi, türü, beslenmesi, tükettiği yem miktarı ve dolaylı olarak süt bileşimi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Satir ve Güzel-Seydim 2015). Pena vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *Streptococcus thermophilus* TA072 ile *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 suşları ile üretilen süt bazlı (süt tozu, peyniraltı suyu konsantrı,

maltodekstrin, fruktoz) probiyotik fermente içeceğinin toplam fenolik madde içeriği ~280 mg GAE/L olarak belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* LA-145 kullanılarak üretilen acidophiluslu süt ile ABT-2 kültürü (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*) kullanılarak üretilen biyoyogurtların depolama süresince toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 0.22-0.15 arasında ve 0.30-0.17 mg GAE/g arasında değiştiği tespit edilmiştir (Darwish vd. 2018). Ozcan vd. (2016), *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus* ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*'in ayrı ayrı kullanılarak ve tatlı kestane unu ilave edilerek ürettikleri yağsız fermente sütlerin toplam fenolik madde içeriklerinin 51.40-62.36 mg GAE/100g arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar kullanılan bakteri türlerinin ürünlerin fenolik madde içeriğini istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.01$) etkilediğini belirtmişler ve fenolik madde içeriklerindeki farklılıkları, kullanılan probiyotik suşun sentezleyebildiği β -glukosidaz, p-kumarik asit, dekarboksilaz ve dekarboksilaz gibi enzimlerin bazı fenolik bileşikler parçalamadaki rolüyle ilişkilendirmişlerdir.

Tez kapsamında toplam fenolik madde içeriği değerlerinin yukarıda bahsi geçen diğer çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiş olup, Pena vd. (2020) tarafından yapılan çalışmaya göre düşük bulunmuştur. Bu farklılığın, kullanılan probiyotik suşlarına, uygulanan fermentasyon koşullarına, kullanılan süt tipi ve katkı maddelerine bağlı olabileceği düşünülmektedir. Ürettiğimiz fermente süt içeceklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin depolama süresince azalmasının probiyotik bakterilerin metabolik aktivitesine bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

4.1.8. Fermente süt içeceklerinin antioksidan aktivite değerleri

Depolama süresince fermente süt içeceği örneklerinde belirlenen radikal süpürücü aktivite (DPPH) değerleri Şekil 4.6a'da verilmiştir. LGG ve BB12 içeren fermente süt içecekleri arasında sırasıyla LRÖ (158-149 mg TE/kg) ve BBÖ (220-178 mg TE/kg) içeceklerinin en yüksek DPPH değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, tüm fermente süt içeceklerinin DPPH değerlerinde depolama süresince (220-110 mg TE/kg) azalma olduğu tespit edilmiştir. Fermente süt içeceklerinde belirlenen trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) değerleri Şekil 4.6b'de verilmiştir. LGG ve BB12 içeren fermente süt içecekleri arasında sırasıyla LRÖ (634-569 mg TEOC/kg) ve BBÖ (650-581 mg TEOC/kg) içeceklerinin en yüksek ABTS değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince fermente süt içeceklerinin ABTS değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.6. Fermente süt içeceklerine ait radikal süpürücü aktivite (DPPH) (a) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) (b) değerleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin radikal süpürücü aktivite değerlerinin varyans analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi, uygulama yöntemi ve depolama süresinin fermente süt içeceklerinin DPPH değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. İncelenen ana varyasyon kaynaklarından uygulama yöntemi ve depolama süresinin fermente süt içeceklerinin ABTS değerleri üzerine sırasıyla $P < 0.05$ ve $P < 0.001$ önem düzeylerinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) değerlerine ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	DPPH değeri (mg TE/kg)			ABTS değeri (mg TEOC/kg)	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	16150.731	2501.63***	568.94	2.84
Uygulama yöntemi (UY)	2	3161.422	489.68***	874.42	4.36*
Depolama süresi (D)	2	6118.637	947.73***	8855.07	44.15***
BÇ * UY	2	533.0839	82.57***	282.56	1.41
BÇ * D	2	738.412	114.37***	429.35	2.14
UY * D	4	326.502	50.57***	138.07	0.69
BÇ * UY * D	4	156.198	24.19***	80.37	0.40
Hata	36	232.419		25935.68	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fermente süt içeceklerine ait radikal süpürücü aktivite değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. BB12 kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinin DPPH değerlerinin LGG ile üretilen fermente içeceklere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P < 0.01$) yüksek olduğu belirlenmiştir. İnkübasyon öncesi paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinin DPPH değerlerinin diğer uygulama yöntemleriyle üretilen örneklerle göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 1. gününde fermente süt içeceklerinin DPPH değerlerinin en yüksek olduğu, bu değer depolamanın 15. gününde azaldığı ve depolamanın 30. gününde en düşük seviyeye ulaştığı saptanmıştır.

Fermente süt içeceklerine ait ABTS değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Fermente süt içeceklerinin üretiminde kullanılan bakteri çeşitlerinin ürünlerin ABTS değerleri üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P > 0.05$) belirlenmiştir. İnkübasyon öncesi paraprobiyotik eklenerek üretilen fermente süt içeceklerinin ABTS değerlerinin diğer uygulama yöntemleriyle üretilen örneklerle göre yüksek olduğu saptanmıştır. Depolama süresinin uzamasıyla birlikte fermente süt içeceklerinin ABTS değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (ABTS) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bakteri çeşidi	DPPH değeri (mg TE/kg)	ABTS değeri (mg TEOC/kg)
LGG	144.44±14.67 a	598.37±23.73 a
BB12	179.02±26.06 b	606.32±30.47 a
Uygulama yöntemi		
Kontrol	154.34±27.88 b	596.26±22.68 b
Sonra	153.83±20.45 b	598.68±26.81 b
Önce	177.03±27.39 a	612.10±31.06 a
Depolama süresi (Gün)		
1	178.68±26.23 a	626.26±21.18 a
15	164.41±21.86 b	607.97±13.83 b
30	142.10±20.79 c	572.81±10.36 c

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Süt, yeni doğan canlıının yaşamını sürdürebilmesini sağlayacak temel besin öğeleri ile birlikte antioksidan etkiler gösteren birçok bileşeni de yapısında doğal olarak bulundurmaktadır. Kazein, peyniraltı suyu proteinleri, bunların parçalanmasıyla oluşan peptitler ve amino asitler, E, A ve C vitaminleri, tokoferoller, retinol ve karotenoidler, askorbat, fenoller ve düşük moleküler ağırlıklı tiyoller, enzimler ve laktik asit bakterileri çeşitli özelliklerinden dolayı sağlığa yararlı antioksidan özellik göstermektedir (Noziere vd. 2006; Chauveau-Duriot vd. 2010; Usta ve Yılmaz Ersan 2013; Niero vd. 2015). Ayrıca birçok laktik asit bakterisi, süperoksit anyonlarını ve hidroksil radikallerini azaltan antioksidan aktiviteye sahiptir (Güzel-Seydim 2016). Fermente sütlerin antioksidan özellikleri, sütte doğal olarak bulunan ve sonradan oluşan antioksidan bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Liu vd. 2005; Pihlanto, 2006; Jiménez vd. 2008; Zulueta vd. 2009).

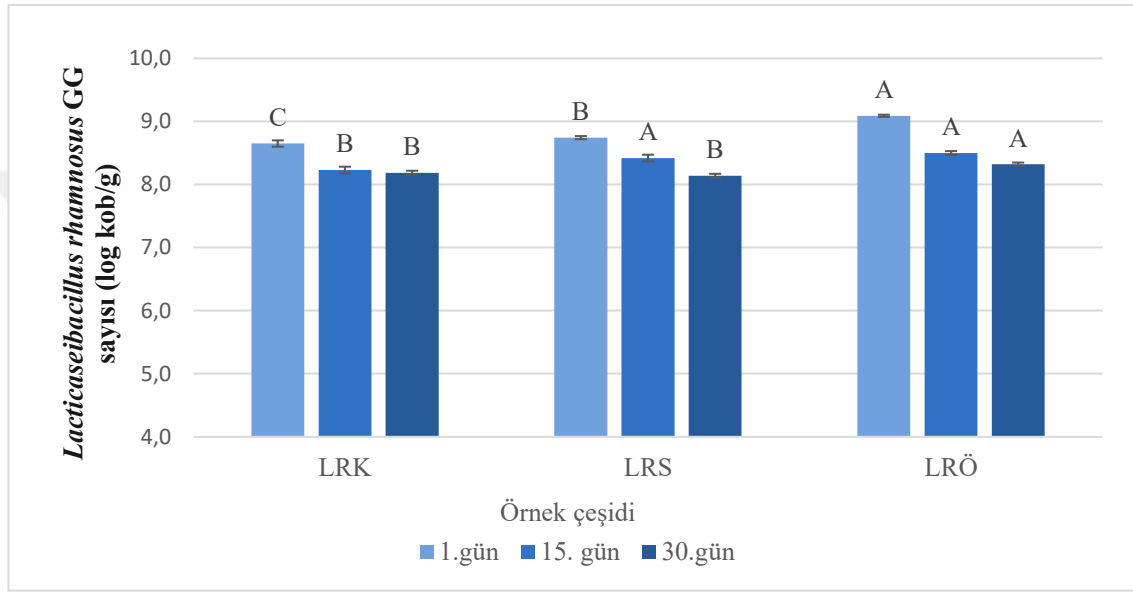
Konu ile ilgili bir çalışmada *Bifidobacterium bifidum* Bb02 ve *Lactobacillus rhamnosus* GG suşlarının kullanıldığı fermente süt örneklerinde, inkübasyon sonunda DPPH değerlerinin sırasıyla 0.625 ve 0.503 µmol TE/g olduğu saptanmış ve fermente süt örneklerinde *B. bifidum* Bb02'in *L. rhamnosus* GG'ye göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Li vd. 2016). Akan vd. (2025)'nin yaptıkları bir çalışmada *Lactocaseibacillus casei* 39 içeren probiyotik ve paraprobiyotik kefirlerin *in vitro* sindirimi sonrası elde edilen <3 kDa molekül ağırlığındaki peptit fraksiyonlarının antioksidan özelliklerini tespit etmişlerdir. DPPH yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin paraprobiyotik ve probiyotik örnekler için sırasıyla 1.50 ve 3.61 mg TE/L; ABTS yöntemiyle belirlenen değerlerin ise sırasıyla 372.05 ve 377.21 mg TE/L arasında değiştiği saptanmıştır. Paraprobiyotik kefir örneklerinde, ısıl işlemle inaktive edilen hücrelerden salınan hücre içi bileşenler ile hücre duvarı yapılarının antioksidan kapasite üzerine olumlu etkiler meydana getirebileceği ifade edilmiştir. Kang vd. (2021), ısı ile inaktive edilmiş *Bifidobacterium bifidum* MG731, *Bifidobacterium lactis* MG741 ve *Lactobacillus rhamnosus* MG316 suşlarının sırasıyla %90.6, %51.9, %42.5 DPPH ve %96.1, %75.2 ve %49.2 ABTS aktivitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* CP-9 suşunun canlı hücrelerinin DPPH değeri %40.20 olarak belirlenirken, aynı suşun ürettiği metabolitlere ait DPPH değerlerinin %86.40'a ulaştığı saptanmıştır. *Lactobacillus rhamnosus* L-87 suşunun ise canlı hücrelerinin DPPH değeri %13.60 olarak tespit edilmiş olup suşa ait metabolitlerde söz konusu değerlerin %43.00 değerlerine ulaştığı belirlenmiştir (Lin vd. 2022). Konuyla ilgili yapılan başka bir çalışmada *Bifidobacterium bifidum* WBIN03 (B-EPS) ve *Lactobacillus plantarum* R315 (L-EPS) tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin ortamdaki konsantrasyon artışına bağlı olarak antioksidan aktivitenin arttığı gözlenmiştir. B-EPS ve L-EPS'nin 0.30 mg/mL değerinde kullanımı ile sırasıyla %60.08 ve %56.48 oranında DPPH değeri tespit edilmiştir (Li vd. 2014). Çalışmalarda, fermente ürünlerin sahip olduğu antioksidan aktivitenin fenolik bileşik içeriği ile korelasyon gösterdiği belirtilmektedir (Rau De Almeida Callou vd. 2010; Moretto vd. 2021; Zahidah vd. 2024).

Tez kapsamında antioksidan aktivite değerlerinin sunulan çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiş olup ürettiğimiz fermente süt içeceklerinin antioksidan kapasite değerleri arasındaki farklılığın ürünlerdeki EPS ve fenolik madde içeriği ile ilgili olabileceği değerlendirilmiştir.

4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.2.1. Fermente süt içeceklerine ait *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayıları

Depolama süresince fermente süt içeceği örneklerinde belirlenen *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG sayıları Şekil 4.7’de verilmiştir. Örneklere ait ortalama *L. rhamnosus* GG sayılarının depolamanın ilk gününde 8.65 ile 9.09 log kob/g arasında, 15. gününde 8.23 ile 8.50 log kob/g arasında ve 30. gününde 8.14 ile 8.32 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde LRÖ (sırasıyla 9.09, 8.50 ve 8.32 log kob/g) örneğinin en yüksek *L. rhamnosus* GG sayısına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Fermente süt içeceklerine ait ortalama *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG sayısı
 LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin *L. rhamnosus* GG sayılarına ait varyans analizi sonucunda incelenen ana varyasyon kaynaklarından uygulama yöntemi ve depolama süresi fermente süt içeceklerinin *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG sayısı değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG sayılarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG sayısı (log kob/g)		
	S.D.	K.O.	F
Uygulama yöntemi (UY)	2	0.190	137.39***
Depolama süresi (D)	2	0.898	646.67***
UY * D	4	0.027	19.93***
Hata	18	0.0016	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

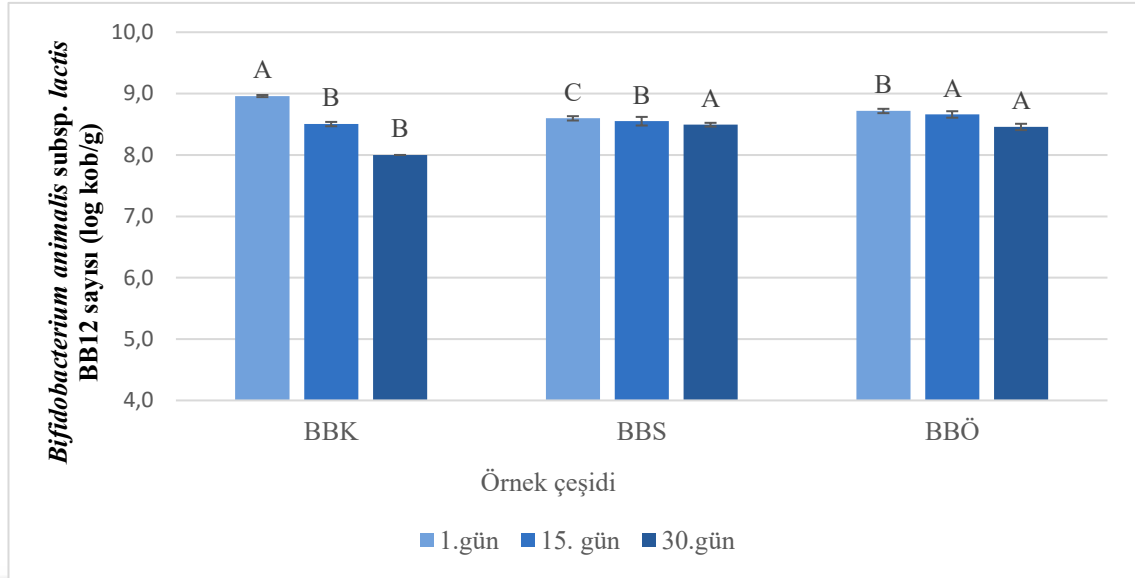
Fermente süt içeceklerinin *L. rhamnosus* GG sayılarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. İnaktif *L. rhamnosus* GG'nin inkübasyon öncesinde süte eklenmesinin ürünlerdeki *L. rhamnosus* GG sayısını artırdığı belirlenmiştir. Depolama süresince fermente süt içeceklerindeki *L. rhamnosus* GG sayısının azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG sayısına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama yöntemi	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG sayısı (log kob/g)
Kontrol	8.36± 0.21 c
Sonra	8.43± 0.24 b
Önce	8.63± 0.32 a
Depolama süresi (Gün)	
1	8.82± 0.20 a
15	8.38± 0.11 b
30	8.21± 0.08 c

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Depolama süresince fermente süt içeceği örneklerinde belirlenen *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayıları Şekil 4.8'de verilmiştir. Örneklerle ait ortalama *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayılarının depolamanın ilk gününde 8.71 ile 8.96 log kob/g arasında, 15. gününde 8.50 ile 8.66 log kob/g arasında ve 30. gününde 8.00 ile 8.49 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın 1. ve 15. günlerinde BBÖ (sırasıyla 8.71 ve 8.66 log kob/g), 30. günde ise BBS (8.49 log kob/g) örneğinin en yüksek *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Fermente süt içeceklerine ait ortalama *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısı

BBK: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayılarına ait varyans analizi sonucunda incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi, uygulama yöntemi ve depolama süresi fermente süt içeceklerinin *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısı değerleri üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayılarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayısı (log kob/g)		
	S.D.	K.O.	F
Uygulama yöntemi (UY)	2	0.034	20.19***
Depolama süresi (D)	2	0.441	260.12***
UY * D	4	0.157	92.73***
Hata	18	0.030	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fermente süt içeceklerinin *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayılarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. İnaktif *B. animalis* subsp. *lactis* BB12'nin inkübasyon öncesinde süte eklenmesinin örneklerdeki *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısını artırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince belirlenen *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama yöntemi	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12 sayısı (log kob/g)
Kontrol	8.48± 0.39 c
Sonra	8.54± 0.05 b
Önce	8.61± 0.12 a
Depolama süresi (Gün)	
1	8.75± 0.15 a
15	8.57± 0.07 b
30	8.31± 0.22 c

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Uygulama yöntemi fermente süt içeceklerinde probiyotik bakteri sayılarını istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilese de sonuçlar arasındaki farkın 0.5 log kob/g'dan düşük olduğu, söz konusu durumun pratikte bir öneminin olmadığı ve petri sayımlarındaki küçük farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir (Scoat vd. 2015). Depolama süresince fermente süt içeceklerindeki *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 sayısının azaldığı saptanmıştır.

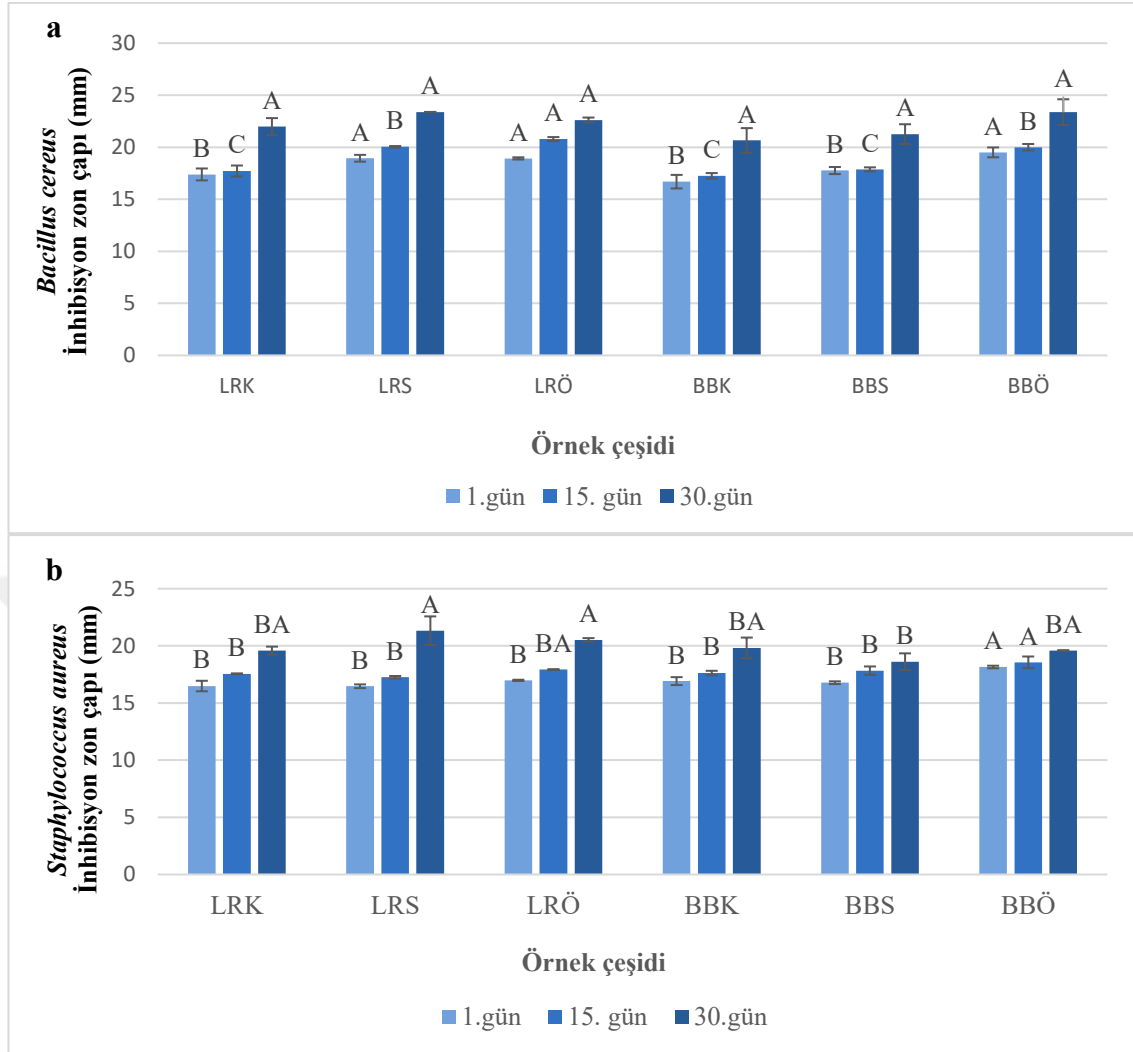
Streptococcus thermophilus, *Lactobacillus acidophilus* La-5 ve *Bifidobacterium lactis* Bb-12 bakterilerinden oluşan starter kültür kullanılarak inek sütünün fermente edilmesiyle elde edilen üründe *B. lactis* Bb-12 sayısının 28 günlük depolama süresince 7.90 ile 7.76 log kob/g arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nguyen vd. 2013). Yoğurt bakterileri ile *Bifidobacterium lactis* Bb-12 kullanılarak üretilen probiyotik set yoğurtlarda ise depolamanın 1. ve 28. günlerinde *B. lactis* Bb-12 sayısının sırasıyla 8.10 log kob/g ve 7.53 log kob/g olduğu saptanmıştır (Kurtuldu ve Özcan 2017). Farklı besin öğeleri (sistein, serin, arjinin, prolin, aspartik asit, glutamik asit, guanin, urasil, ksantin) ilave edilen ve edilmeyen sütlerin *Lactobacillus rhamnosus* GG ile fermente edildiği çalışmada LGG sayısının $2.4-4.6 \times 10^9$ kob/mL arasında değiştiği bildirilmiştir (Sun vd. 2019). *Lactobacillus rhamnosus* ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 probiyotikleri ile fermente edilen sütlerde, *L. rhamnosus* sayısının depolamanın 1. ve 21. günlerinde sırasıyla yaklaşık 10.29 log kob/g ve 9.33 log kob/g; *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 sayısının ise sırasıyla yaklaşık 9.29 log kob/g ve 7.78 log kob/g olduğu belirlenmiştir (Szajnar vd. 2020). Morris vd. (2025) yaptıkları çalışmada geleneksel yoğurt bakterileri ve *Lactobacillus rhamnosus* GG kullanarak üretilen yoğurtların depolama süresince bakteri sayılarının yaklaşık 8 log kob/g olduğunu saptanmışlardır. Parveria vd. (2021b) tarafından yapılan bir çalışmada, yoğurt örneklerine fermentasyon öncesi eklenen *Lactobacillus acidophilus* (LA) ve *Bifidobacterium lactis* BB-12 (BL)'nin sayılarının depolama süresince sırasıyla 7.34-6.50 ve 7.36-7.03 log kob/mL aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, fermentasyon sonrası eklenen LA ve BL'nin sayılarının ise sırasıyla 7.40-6.07 ve 7.40-7.00 log kob/mL arasında değiştiği belirlenmiştir.

Probiyotik ürünlerde pH ve titrasyon asitliği, probiyotiklerin gelişimini ve canlılığını sınırlayan başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Düşük pH ve iyonlaşmamış organik asitlerin varlığı, hücre zarından geçerek hücre içi pH'yı bozmakta

ve enerji dengesini olumsuz etkileyerek hücre ölümüne neden olabilmektedir (Mortazavian ve Sohrabvandi 2006). Söz konusu nedenle yukarıda bahsi geçen çalışmalara benzer olarak depolama süresince fermente süt içeceği örneklerinde probiyotik bakterilerin sayılarının azalmış olabileceği değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, Türk Gıda Kodeksi'ne göre, bir gıdanın probiyotik ürün olarak kabul edilebilmesi için en az 10^6 kob/g veya mL canlı probiyotik bakteri içermesi ve bu sayıyı raf ömrü boyunca muhafaza etmesi gerekmektedir (Anonymous 2006). Çalışmamızda fermente süt içeceklerinin probiyotik bakteri sayıları açısından Türk Gıda Kodeksi'ne uygun olduğu görülmüştür.

4.2.2. Fermente süt içeceklerinin antibakteriyel özellikleri

Fermente süt içeceklerinin antibakteriyel özellikleri, Gram pozitif *Bacillus cereus* ve *Staphylococcus aureus* bakterileri ile Gram negatif *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*'ye karşı belirlenmiştir. Fermente süt içeceklerinin *B. cereus* ve *S. aureus* 'a karşı antibakteriyel etkilerine ilişkin ortalama inhibisyon zon çapı değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir. *B. cereus* için inhibisyon zon çaplarının depolamanın 1. gününde 16.69-19.50 mm arasında, depolamanın 15. gününde 17.25-20.78 mm arasında ve depolamanın 30. gününde 20.65-23.38 mm arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek antibakteriyel etki depolamanın 1. gününde BBÖ örneğinde (19.50 mm), depolamanın 15. gününde LRÖ örneğinde (20.78 mm) ve depolamanın 30. gününde LRS örneğinde (23.38 mm) tespit edilmiştir. Örneklerde *S. aureus* için belirlenen inhibisyon zon çaplarının ise depolamanın 1. gününde 16.46-18.15 mm arasında, depolamanın 15. gününde 17.25-17.92 mm arasında ve depolamanın 30. gününde 18.61-21.32 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Depolamanın 1. ve 15. günlerinde en yüksek inhibisyon zon çap değerlerinin BBÖ örneğine (18.15-18.56 mm) ait olduğu tespit edilmiş, depolamanın 30. gününde ise en yüksek inhibisyon zon çap değerlerinin LRS örneğine (21.32 mm) ait olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.9. Fermente süt içeceklerinin *Bacillus cereus*'a (a) ve *Staphylococcus aureus*'a (b) karşı ortalama inhibisyon zon çapı değerleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin *B. cereus* ve *S. aureus*'a karşı belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerine (mm) ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. *Bacillus cereus*'a karşı antibakteriyel aktiviteye ilişkin elde edilen bulgulara göre, incelenen ana varyasyon kaynaklarından uygulama yöntemi ve depolama süresinin inhibisyon zon çapı değerleri üzerinde $P < 0.001$, bakteri çeşidinin ise $P < 0.05$ önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye ($P < 0.01$) sahip olduğu belirlenmiştir. Fermente süt içeceklerinin *Staphylococcus aureus*'a karşı gösterdiği antibakteriyel aktivite üzerine uygulama yönteminin $P < 0.01$; depolama süresinin ise $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince *Bacillus cereus* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı belirlenen inhibisyon zon çap değerlerine (mm) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	<i>B. cereus</i> (mm)			<i>S. aureus</i> (mm)	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	6.117	11.246**	0.00514	0.0237
Uygulama yöntemi (UY)	2	15.273	28.079***	144.877	66.845**
Depolama süresi (D)	2	54.518	100.228***	2.769.575	1.277.856***
BÇ * UY	2	3.025	5.562**	0.76569	35.328
BÇ * D	2	0.389	0.714	281.085	129.690***
UY * D	4	0.400	0.736	0.20108	0.9278
BÇ * UY * D	4	0.419	0.770	0.87787	40.504*
Hata	36	0.544		0.21674	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

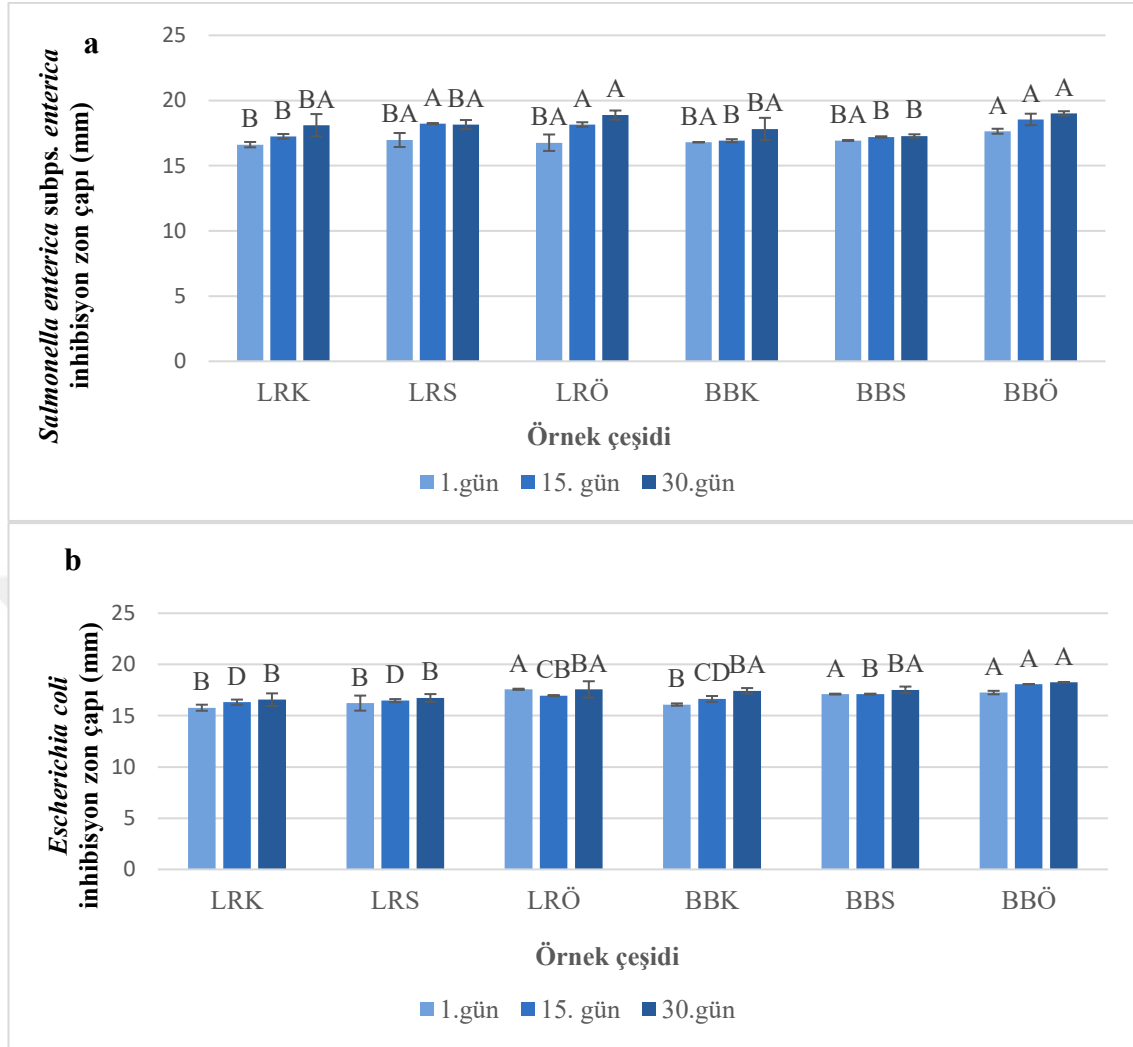
Fermente süt içeceklerinde *B. cereus* ve *S. aureus*'a karşı belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. LGG kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinin *B. cereus*'a karşı oluşturdukları inhibisyon zon çaplarının, BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerine ait inhibisyon zon çaplarına göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulama yöntemi yönünden incelendiğinde ise, inkübasyon öncesinde inaktif probiyotik bakterilerin eklenmesiyle üretilen fermente içeceklerin sahip olduğu inhibisyon zon çaplarının, inkübasyon sonrasında inaktif probiyotik bakterilerin eklenmesiyle üretilen fermente içecekler ile kontrol örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince *B. cereus*'a karşı inhibisyon zon çaplarının depolamanın 30. gününde en yüksek seviyede olduğu ve depolama süresince inhibisyon zon çapı değerlerinin arttığı saptanmıştır. *Staphylococcus aureus*'a ait sonuçlarda ise, kullanılan bakteri çeşidinin inhibisyon zon çapı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P > 0.05$) belirlenmiştir. İnkübasyon öncesi inaktif probiyotik eklenerek elde edilen fermente süt içeceklerinin inhibisyon zon çaplarının inkübasyon sonrasında inaktif probiyotik bakterilerin eklenmesiyle üretilen fermente içecekler ile kontrol örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince örneklerin antibakteriyel aktivitesi ile ilgili olarak söz konusu patojenlere karşı inhibisyon zon çaplarının artarak 30. günde en yüksek değerlere ulaştığı saptanmıştır.

Çizelge 4.19. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince *Bacillus cereus* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı belirlenen inhibisyon zon çap (mm) değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	<i>B. cereus</i> (mm)	<i>S. aureus</i> (mm)
LGG	20.20±2.10 a	18.23±1.78 a
BB12	19.37±2.23 b	18.21±1.08 a
Uygulama yöntemi		
Kontrol	18.61±2.13 c	18.00±1.37 b
Sonra	19.88±2.10 b	18.04±1.76 b
Önce	20.87±1.83 a	18.62±1.21 a
Depolama süresi (Gün)		
1	18.20±1.09 c	16.96±0.62 c
15	18.95±1.44 b	17.79±0.47 b
30	22.21±1.37 a	19.91±1.03 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Fermente süt içeceklerinin *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel aktivitelerine ilişkin ortalama inhibisyon zon çapı değerleri Şekil 4.10'da verilmiştir. *S. enterica* subsp. *enterica* için inhibisyon zon çapı değerlerinin depolamanın 1. gününde 16.62-17.65 mm arasında, depolamanın 15. gününde 16.92-18.55 mm arasında ve depolamanın 30. gününde ise 17.28-19.01 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. *S. enterica* subsp. *enterica*'ya karşı en yüksek inhibisyon zon çapı değerlerinin LGG ve BB12 içeren örnekler arasında sırasıyla LRÖ ve BBÖ örneklerine ait olduğu saptanmıştır. Depolama süresince *S. enterica* subsp. *enterica*'ya karşı en yüksek antibakteriyel aktivitenin BBÖ örneğine ait olduğu belirlenmiştir. *E. coli* için belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerinin ise depolamanın 1. gününde 15.78-17.58 mm arasında, depolamanın 15. gününde 16.32-18.09 mm arasında ve depolamanın 30. gününde 16.57-18.26 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde BBÖ örneğinin sırasıyla 17.26 mm, 18.09 mm ve 18.26 mm zon çaplarıyla *E. coli*'ye karşı en yüksek antibakteriyel aktiviteyi gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 4.10. Fermente süt içeceklerinin *Salmonella enterica* subsp. *enterica*'ya (a) ve *Escherichia coli*'ye (b) karşı ortalama inhibisyon zon çapı değerleri

LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt içeceği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt içeceği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt içeceği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt içeceği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt içeceği. Aynı depolama gününde farklı çubuklardaki farklı harfler istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemliliği belirtmektedir.

Fermente süt içeceklerinin *S. enterica* subsp. *enterica* ve *E. coli*'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çapı (mm) değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. *S. enterica* subsp. *enterica*'ya karşı antibakteriyel aktiviteye ilişkin elde edilen bulgulara göre, incelenen ana varyasyon kaynaklarından uygulama yöntemi ve depolama süresinin inhibisyon zon çapı değerleri üzerinde istatistiksel olarak $P < 0.001$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ana varyans kaynaklarından bakteri çeşidi, uygulama yöntemi ve depolama süresinin *E. coli*'ye karşı antibakteriyel aktiviteye ilişkin elde edilen inhibisyon zon çapı değerlerini $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerine (mm) ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	<i>S. enterica</i> subsp. <i>enterica</i> (mm)			<i>E. coli</i> (mm)	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	0.106	0.386	3.349	27.523***
Uygulama yöntemi (UY)	2	2.775	10.138***	4.043	33.227***
Depolama süresi (D)	2	3.410	12.456***	1.351	11.103***
BÇ * UY	2	0.933	3.409	0.116	0.950
BÇ * D	2	0.222	0.812	0.231	1.897
UY * D	4	0.563	2.056	0.126	1.033
BÇ * UY * D	4	0.125	0.457	0.210	1.723
Hata	36	0.274		0.122	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Çizelge 4.21'de fermente süt içeceklerinin depolama süresi boyunca *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çaplarına ait ortalamalar ile Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. *Salmonella enterica* subsp. *enterica*'ya karşı elde edilen antibakteriyel aktivite sonuçları değerlendirildiğinde, uygulama yöntemleri açısından kontrol grubu örneği ile inkübasyon sonrası inaktif probiyotik eklenen örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı ($P > 0.05$), en yüksek inhibisyon değerlerini ise inkübasyon öncesi inaktif probiyotik bakteri eklenerek üretilen örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. *E. coli*'ye karşı elde edilen antibakteriyel aktivite sonuçları değerlendirildiğinde, LGG kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinin BB12 kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerine göre daha yüksek inhibisyon zon çapı değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Uygulama yöntemleri açısından en yüksek inhibisyon zon çapı değerlerinin inkübasyon öncesi inaktif probiyotik eklenen örnekler için olduğu belirlenmiştir. Örneklerde her iki patojen açısından da inhibisyon zon çapı değerlerinin depolamanın 1. ve 15. günlerinde istatistiksel farklılık göstermediği ($P > 0.05$), ancak depolamanın 30. gününde söz konusu değerlerin arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.21. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince *Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*'ye karşı belirlenen inhibisyon zon çapı değerlerine (mm) ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	<i>S. enterica</i> subsp. <i>enterica</i> (mm)	<i>E. coli</i> (mm)
LGG	17.68±0.83 a	16.69±0.67 b
BB12	17.57±0.79 a	17.30±0.66 a
Uygulama yöntemi		
Kontrol	17.25±0.68 b	16.47±0.60 c
Sonra	17.46±0.59 b	16.90±0.55 b
Önce	18.17±0.85 a	17.62±0.53 a
Depolama süresi (Gün)		
1	17.16±0.62 b	16.68±0.74 b
15	17.52±0.70 b	16.97±0.64 b
30	18.04±0.74 a	17.34±0.68 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

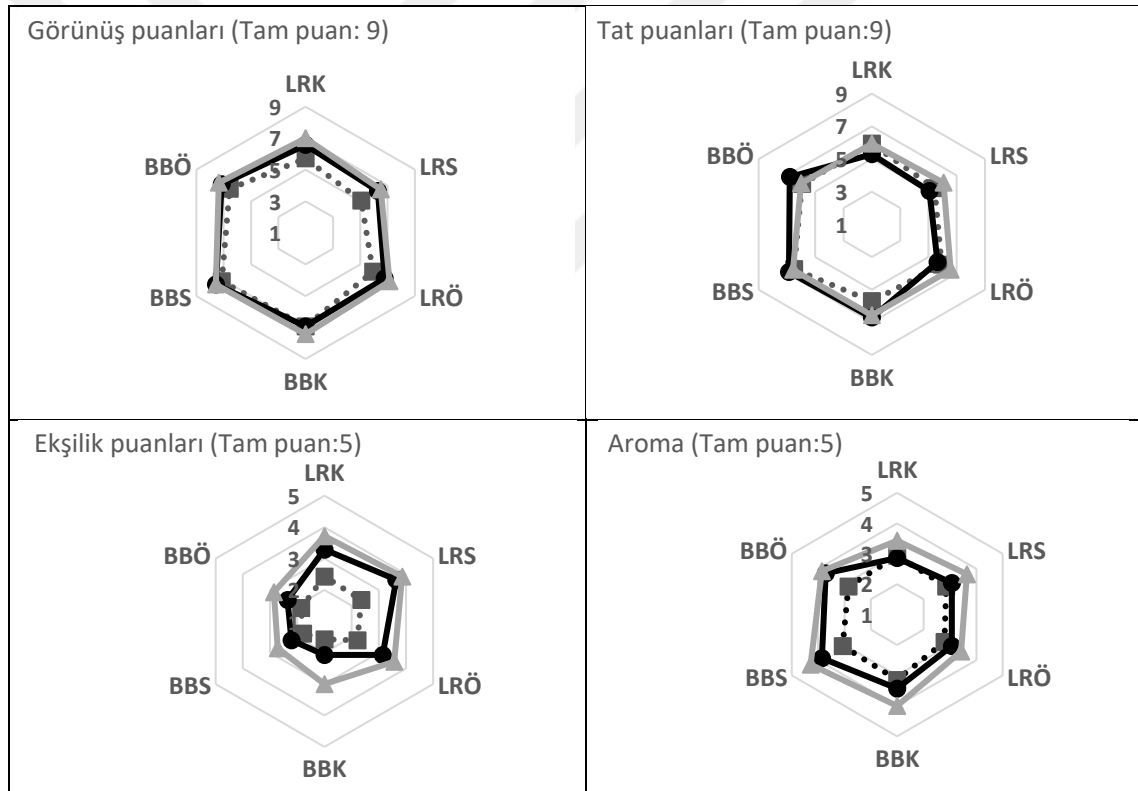
Probiyotik bakteriler fermentasyon sırasında laktik asit ve asetik asit başta olmak üzere organik asitleri sentezleyerek ortamın pH değerini düşürmekte ve böylelikle hem Gram pozitif hem de Gram negatif patojen bakteriler üzerinde antagonistik etki oluşturmaktadır (Cheikhoussef vd. 2007). Organik asitlerin antimikrobiyal etkisinin, ayrılmamış molekül formundaki asitlerin hücre metabolizmasını bozması ya da hücre çevresindeki pH'yı düşürerek biyolojik aktiviteleri baskılaması ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Cherrington vd. 1991). Oh vd. (2000), organik asitlerin *Escherichia coli*'nin canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve minimum inhibitör pH değerlerini laktik asit için 4.0, asetik asit için ise 5.0 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar, organik asitlerin antimikrobiyal etkisinin yalnızca pH düşüşüne değil, aynı zamanda kimyasal yapılarına da bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte *Bifidobacterium* suşlarının antimikrobiyal etkilerinin sadece organik asit üretimiyle sınırlı kalmadığı, fermentasyon sırasında üretilen antibakteriyel bileşiklerin de bu etkiye katkı sağladığı ifade edilmektedir (Luo vd. 1998). Hussein ve Kebary (1999), immobilize hücre formunda kullanılan *Bifidobacterium bifidum* ve *Bifidobacterium infantis* suşlarının, yoğurt içerisinde antimikrobiyal bileşikler üretebildiğini ve bu bileşiklerin *Escherichia coli* gelişimi üzerine baskılayıcı etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Çiftçi ve Öncül (2024), *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ile probiyotik olarak da *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* kullanarak ürettikleri yoğurdun *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli*'ye karşı inhibisyon zon değerlerinin (disk çapı 6 mm) depolamanın ilk gününde ~7 mm olduğunu ve depolama süresince antibakteriyel etkisinin arttığını belirlemişlerdir. Yapılan farklı bir çalışmada keçi sütünün yoğurt bakterileri ve *Lactobacillus acidophilus* IIA-2B4 ile üretilen probiyotik yoğurdun *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhi*'ye karşı ölçülen inhibisyon zon çapı değerlerinin sırasıyla 13.67 mm, 5.88 mm, 16.28 mm ve 5.64 mm olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada Gram pozitif bakterilere karşı elde edilen inhibisyon zon çaplarının, Gram negatif bakterilere göre yüksek olduğu ve söz konusu durumun Gram pozitif bakterilerin hücre duvarlarının basit yapısına bağlı olarak kolayca parçalanabilir olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Hanifah vd. 2016). Kim vd. (2016), farklı boyutlara sahip kefir daneleri kullanarak ürettikleri kefirlerin *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Cronobacter sakazakii* patojenlerine karşı antibakteriyel aktivitesini spot-on-lawn (nokta damlatma ekim) yöntemiyle tespit etmişlerdir. Tüm kefirlerin belirli fermentasyon sürelerinde (24, 36, 48, 72 saat) ve pH düşüşlerinde (3.64-4.05) *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı tam inhibisyon gösterdikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, antimikrobiyal etkinin; organik asitler, etil alkol, diasetil, peptitler, bakteriyosinler ve EPS gibi çeşitli antimikrobiyal bileşiklerin birlikte oluşturduğu "hurdle effect" (engelleme) veya tek başına etkili olan biyolojik olarak aktif bileşiklerden kaynaklanabileceği sonucuna varmışlardır.

Tez kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, fermente süt içeceklerinin üretiminde kullanılan probiyotik mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucu ortamda organik asit oluşmuş olabileceği ve bu durumun antimikrobiyal etkiyi desteklemiş olabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda genel olarak Gram pozitif bakterilere karşı elde edilen inhibisyon zon çaplarının Gram negatif bakterilere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, Gram negatif bakterilerin hücre zar yapılarının aside karşı daha dirençli olması nedeniyle organik asitlerin hücre içine

girişinin zorlaşmasına bağlı olabileceği değerlendirilmektedir (Cizeikiene ve Jagelaviciute 2021). Depolama süresince fermente süt içeceklerinin düşen pH değerlerinin antibakteriyel etkinin artmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

4.3. Duyusal Analiz Sonuçları

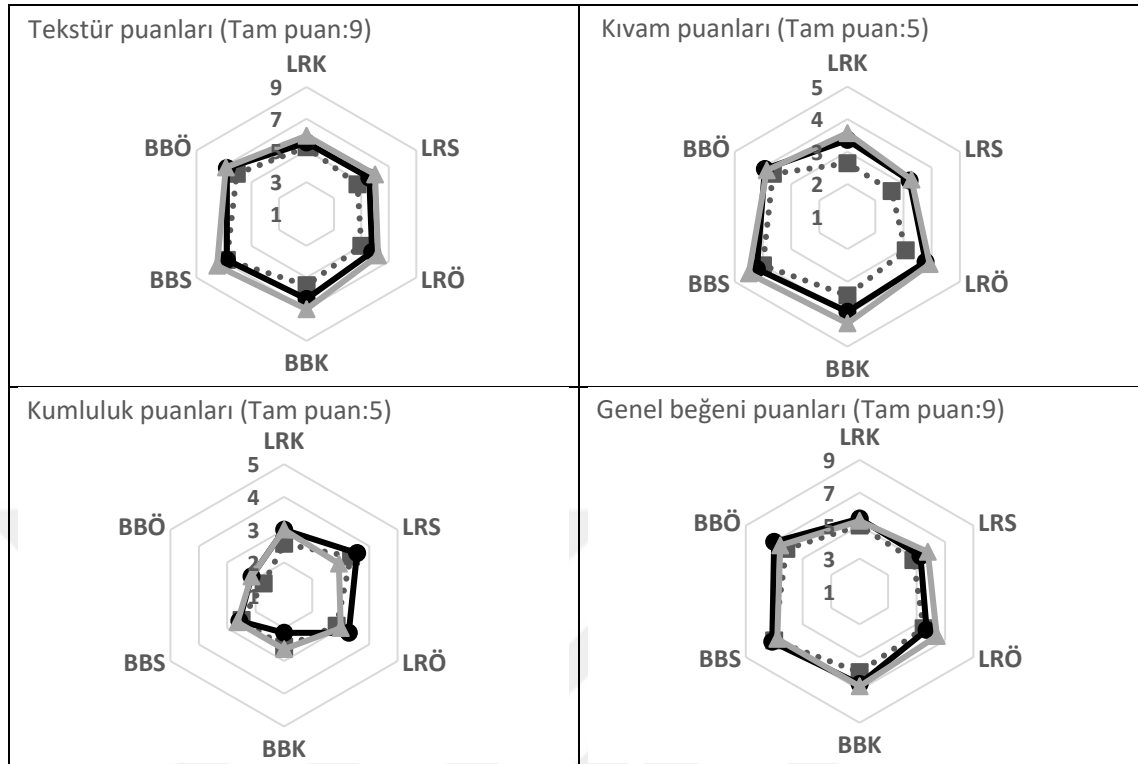
Fermente süt içeceklerinin görünüş, tat, ekşilik, aroma, tekstür, kıvam, kumluluk ve genel beğeni puanlarına ait ortalamaların grafikleri Şekil 4.11’de verilmiştir. Depolama süresinde görünüş açısından BBS örneğinin en yüksek puanlara (7.14-7.57) sahip olduğu saptanmıştır. Depolama süresinde en yüksek tat (6.50-6.57) ve aroma (3.07- 4.29) puanlarının BBS örneğine ait olduğu, ekşilik puanlarının ise LRK örneğinde en yüksek (2.43-3.71) olduğu belirlenmiştir. Tekstür (6.79-7.50) ve kıvam (4.00-4.50) açısından BBS örneğinin en yüksek puanlara sahip olduğu, kumluluk puanlarının ise LRS örneğinde en yüksek (3.36-2.93) olduğu tespit edilmiştir. Genel beğeni puanlarının BB12 içeren örneklerde yüksek olduğu ve depolama süresinde en yüksek puanların (7.00-6.79) BBS örneğine ait olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Fermente süt içeceklerine ait ortalama duyusal analiz değerleri

(Devamı arkada)

Şekil 4.11'in devamı.



LRK: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği, LRS: *L. rhamnosus* GG ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen fermente süt ieeği, LRÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *L. rhamnosus* GG eklenen ve *L. rhamnosus* GG ile üretilen fermente süt ieeği, BBK: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inaktif probiyotik bakteri içermeyen fermente süt ieeği, BBS: *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen ve inkübasyon sonrasında paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen fermente süt ieeği, BBÖ: inkübasyon öncesinde paraprobiyotik *B. animalis subsp. lactis* BB12 eklenen ve *B. animalis subsp. lactis* BB12 ile üretilen fermente süt ieeği. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerine ait veriler sırasıyla ■, ● ve ▲ simgeleri ile temsil edilmiştir.

Fermente süt içeceklerinin görünüş puanlarının varyans analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi ve depolama süresinin görünüş puanları üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince görünüş puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Görünüş puanları		
	S.D.	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	136.30	198.65***
Uygulama yöntemi (UY)	2	1.08	1.58
Depolama süresi (D)	2	58.58	85.38***
BÇ * UY	2	19.65	28.65
BÇ * D	2	10.15	14.80
UY * D	4	1.06	1.55
BÇ * UY * D	4	0.70	1.03
Hata	755	828.70	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fermente süt içeceklerine ait görünüş puanlarına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. BB12 içeren örneklerde görünüş puanlarının LGG içeren örneklere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulama yöntemlerinin görünüş puanları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Depolama sürelerinde örneklere ait görünüş puanlarının arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.23. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince görünüş puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	Görünüş puanları
LGG	6.33±1.06 b
BB12	7.18±0.85 a
Uygulama yöntemi	
Kontrol	6.76±0.96 a
Sonra	6.69±1.18 a
Önce	6.82±0.99 a
Depolama süresi (Gün)	
1	6.22±1.11 c
15	6.88±0.89 b
30	7.16±0.90 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Fermente süt içeceklerinin tat, ekşilik ve aroma puanlarının istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi ve depolama süresinin tat, ekşilik ve aroma puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tat, ekşilik ve aroma puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Tat puanları			Ekşilik puanları		Aroma puanları	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	78.10	81.89***	141.44	268.98***	40.04	65.87***
Uygulama yöntemi (UY)	2	0.89	0.94	0.67	1.29	2.51	4.13
Depolama süresi (D)	2	9.25	9.70***	99.75	189.70***	43.80	72.03***
BÇ * UY	2	13.60	14.27	3.08	5.86	0.44	0.72
BÇ * D	2	31.10	32.61	4.72	8.99	4.30	7.07
UY * D	4	0.60	0.64	0.62	1.19	1.63	2.70
BÇ * UY * D	4	3.90	4.08	0.88	1.69	0.10	0.17
Hata	755	909.75		752.03		597.80	

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

Fermente süt içeceklerine ait tat, ekşilik ve aroma puanlarına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Tat ve aroma puanlarının BB12 içeren örneklerde yüksek olduğu, ekşilik puanlarının ise LGG içeren örneklerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Fermente süt içeceklerine paraprobiyotik ilavesinin, kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında tat, ekşilik ve aroma puanları açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Depolama süresinin ekşilik ve

aroma puanları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmazken ($P>0.05$), tat puanlarının 1. ve 15. günlerde, 30. güne göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.25. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tat, ekşilik ve aroma puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	Tat puanları	Ekşilik puanları	Aroma puanları
LGG	5.76±1.04 b	3.13±0.93 a	3.11±0.82 b
BB12	6.40±1.06 a	2.26±0.87 b	3.57±0.90 a
Uygulama yöntemi			
Kontrol	6.02±1.05 a	2.67±1.00 a	3.30±0.90 b
Sonra	6.08±1.11 a	2.76±1.03 a	3.46±0.85 a
Önce	6.14±1.14 a	2.66±0.96 a	3.28±0.91 b
Depolama süresi (Gün)			
1	5.90±0.97 b	2.03±0.73 c	2.94±0.75 c
15	6.05±1.25 b	2.78±0.97 b	3.33±0.87 b
30	6.28±1.02 a	3.28±0.85 a	3.77±0.85 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Depolama süresince yapılan duyu analizi sonuçlarında, BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerine ait tat puanlarının LGG kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerine göre yüksek olduğu ve panelistler tarafından daha fazla beğenildiği saptanmıştır. Tat puanlarının BB12 içeren fermente süt içeceklerinde yüksek olmasının ekşilik puanlarının düşük, aroma puanlarının ise yüksek olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Uygulama yöntemlerinin fermente süt içeceklerinin tat puanları üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Fermente süt içeceklerinin tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarının varyans analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidinin tekstür, kıvam ve kumluluk puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Uygulama yönteminin kumluluk puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu ve depolama süresinin ise tekstür ve kıvam puanları üzerine $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Tekstür puanları			Kıvam puanları		Kumluluk puanları	
	S.D.	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	220.20	222.26***	94.30	141.76***	98.58	163.47***
Uygulama yöntemi (UY)	2	6.22	6.28	1.76	2.65	10.75	17.83***
Depolama süresi (D)	2	67.94	68.58***	31.51	47.37***	2.40	3.80
BÇ * UY	2	13.01	13.13***	15.76	23.70***	6.51	10.80***
BÇ * D	2	0.22	0.23	2.36	3.56	4.08	6.77
UY * D	4	0.85	0.86	0.08	1.25	2.53	4.20
BÇ * UY * D	4	4.17	4.21	0.54	0.82	1.70	2.80
Hata	755	1146.23		693.55		608.03	

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

Fermente süt içeceklerine ait tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Tekstür ve kıvam

puanlarının BB-12 içeren fermente süt içeceklerinde yüksek olduğu, kumluluk puanlarının ise LGG içeren fermente süt içeceklerinde yüksek olduğu belirlenmiştir. Paraprobiyotik ilave edilerek üretilen fermente süt içeceklerinin tekstür puanlarının kontrol örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fermente süt içeceklerinin tekstür ve kıvam puanlarının depolama süresince arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.27. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince tekstür, kıvam ve kumluluk puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	Tekstür puanları	Kıvam puanları	Kumluluk puanları
LGG	5.54±1.07 b	3.26±0.93 b	3.06±0.79 a
BB12	6.62±1.15 a	3.97±0.85 a	2.34±0.86 b
Uygulama yöntemi			
Kontrol	5.91±1.17 b	3.53±0.96 b	2.65±0.81 b
Sonra	6.22±1.32 a	3.63±1.02 ab	2.92±0.87 a
Önce	6.11±1.18 a	3.70±0.89 a	2.52±0.96 b
Depolama süresi (Gün)			
1	5.54±1.23 c	3.22±0.99 c	2.60±0.92 b
15	6.13±1.11 b	3.73±0.88 b	2.78±0.94 a
30	6.58±1.13 a	3.90±0.87 a	2.72±0.82 ab

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Depolama süresince yapılan duyu analizi sonuçlarında, BB12 ile üretilen fermente süt içeceklerine ait tekstür puanlarının LGG kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerine göre yüksek olduğu ve panelistler tarafından daha fazla beğenildiği belirlenmiştir. Tekstür puanlarının BB12 içeren fermente süt içeceklerinde yüksek olmasının kıvam puanlarının yüksek, kumluluk puanlarının düşük olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Fermente süt içeceklerinin genel beğeni puanlarının varyans analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidi ve depolama süresinin fermente süt örneklerinin genel beğeni puanları üzerine $P < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince genel beğeni puanlarına ait ortalamaların varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Genel beğeni puanları		
	S.D.	K.O.	F
Bakteri çeşidi (BÇ)	1	271.44	235.65***
Uygulama yöntemi (UY)	2	9.90	8.60
Depolama süresi (D)	2	22.33	19.40***
BÇ * UY	2	15.76	13.68***
BÇ * D	2	5.33	4.63
UY * D	4	0.61	0.54
BÇ * UY * D	4	5.72	497
Hata	755	1253.55	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Fermente süt içeceklerine ait genel beğeni puanlarına ilişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.29’de verilmiştir. BB-12 içeren örneklerin genel beğeni puanlarının LGG içeren örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İnkübasyon öncesi ve sonrası paraprobiyotik ilave edilerek üretilen fermente süt içeceklerinin genel beğeni puanlarının kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Örneklere ait genel beğeni puanlarının depolamanın 1. gününde, 15. ve 30. günlere göre düşük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.29. Fermente süt içeceklerinde depolama süresince genel beğeni puanlarına ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Bakteri çeşidi	Genel beğeni puanları
LGG	5.46±1.08 b
BB12	6.66±1.20 a
Uygulama yöntemi	
Kontrol	5.84±1.27 b
Sonra	6.13±1.41 a
Önce	6.22±1.15 a
Depolama süresi (Gün)	
1	5.72±1.19 b
15	6.20±1.36 a
30	6.27±1.24 a

Farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Görünüş, tat ve tekstür puanlarına paralel olarak genel beğeni puanlarının üretiminde BB12 kullanılarak üretilen fermente süt içeceklerinde yüksek olduğu, inkübasyondan önce ve sonra paraprobiyotik ilavesinin genel beğeni puanlarını arttırdığı ve depolama süresince söz konusu puanların arttığı saptanmıştır.

5. SONUÇLAR

Tez kapsamında, *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 suşları kullanılarak paraprobiyotik içeren ve içermeyen 6 farklı fermente süt ieeği üretimini gerçekleştirilmiştir. Üretilen fermente süt ieekleri 30 gün boyunca 4°C’de muhafaza edilmiş ve depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal özellikleri incelenmiştir.

Fermente süt ieeklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine bakteri çeşidi ve depolama süresinin $P<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. BB-12 içeren fermente süt ieeklerinde pH değerlerinin yüksek, titrasyon asitliği değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince tüm örneklerin pH değerlerinde azalma, titrasyon asitliği değerlerinde ise artış gözlenmiştir. İnkübasyon sonrası paraprobiyotik eklenen fermente süt ieeklerine ait pH değerlerinin kontrol ve inkübasyondan önce paraprobiyotik eklenerek üretilen örneklerle göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

Fermente süt ieeklerinin EPS miktarının kullanılan bakteri çeşidinden $P<0.001$ önem düzeyinde etkilendiği tespit edilmiştir. *B. animalis* subsp. *lactis* BB12 içeren fermente süt ieeklerinde tespit edilen EPS miktarının *L. rhamnosus* GG içeren örneklerle göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

Fermente süt ieeklerindeki serum ayrılması değerlerinin BB-12 içeren fermente süt ieeklerinde, LGG içeren fermente süt ieeklerine göre düşük olduğu saptanmıştır. İnkübasyondan önce paraprobiyotik eklenen fermente süt ieeklerinin serum ayrılması değerlerinin, kontrol grubuna ve inkübasyon sonrası paraprobiyotik eklenen örneklerle göre düşük olduğu tespit edilmiştir.

Fermente süt ieeklerinin reolojik analizleri sonucunda, kıvam katsayısı değerlerin BB12 içeren fermente süt ieeklerinde LGG içeren fermente süt ieeklerine göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinin görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerleri zerine $P<0.01$ önem düzeyinde etkili ve depolama süresince arttığı tespit edilmiştir.

İnkübasyondan önce paraprobiyotik eklenen fermente süt ieeklerinin hem fenolik madde miktarı hem de DPPH ve ABTS değerlerinin diğer uygulama yöntemlerine göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince fermente süt ieeklerindeki toplam fenolik madde miktarındaki azalışa paralel olarak, DPPH ve ABTS ile belirlenen antioksidan kapasite değerlerinde azalma olduğu saptanmıştır.

Depolama süresince fermente süt ieeklerindeki *L. rhamnosus* GG ve *B. animalis* subsp. *lactis* BB12’nin sayılarının azaldığı, bununla birlikte depolama süresi sonuna kadar 8.00 log kob/g düzeyini korudukları tespit edilmiştir

Fermente süt ieeklerinin, hem Gram pozitif (*Bacillus cereus* ve *Staphylococcus aureus*) hem de Gram negatif (*Salmonella enterica* subsp. *enterica* ve *Escherichia coli*) patojenlere karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. BB-12 ve LGG içeren fermente süt ieeklerinde en yüksek inhibisyon zonlarının *Bacillus cereus*’a karşı oluştuğu belirlenmiştir. İnkübasyondan önce paraprobiyotik eklenen fermente süt

içeceklerinin, test edilen tüm patojen bakterilere karşı gösterdiği antibakteriyel etkinin inkübasyondan sonra paraprobiyotik eklenen ve kontrol örneklerine göre yüksek antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir Depolama süresince fermente süt içeceklerine ait antibakteriyal aktivitenin arttığı belirlenmiştir ($P<0.001$).

Yapılan duysal analizlerde ana varyasyon kaynaklarından bakteri çeşidinin test edilen tüm duysal parametre puanlarını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir. BB12 içeren fermente süt içeceklerinin görünüş, tat, aroma, tekstür, kıvam ve genel beğeni puanları yüksek bulunurken, LGG içeren fermente süt içeceklerinin ekşilik ve kumluluk puanlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, paraprobiyotiklerin fonksiyonel süt ürünlerinin üretiminde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Kullanılan probiyotik bakteri çeşidi, paraprobiyotiklerin uygulama yöntemi (inkübasyon öncesi/sonrası) ve depolama süresi gibi faktörlerin ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Paraprobiyotik eklenmesinin fermente süt içeceklerinin sadece teknolojik ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmedeği, aynı zamanda tketic beğenisi açısından da önem taşıdığı ortaya koyulmuştur. BB-12 içeren ve inkübasyondan önce paraprobiyotik eklenen fermente süt içeceklerinin tat, aroma, kıvam ve tekstür gibi duysal özelliklerinin yüksek puan alması, söz konusu ürünlerin potansiyel tketic kabulünün yüksek olabileceğine işaret etmektedir.

Gelecek çalışmalarda, farklı paraprobiyotik hazırlama tekniklerinin (rneğin basınç, ultrason, gamma ışınlama vb. gibi) rn özelliklerine olan etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, farklı süt ürünlerinde fonksiyonel gıda üretimi için uygulanması ve paraprobiyotiklerin hücre duvarı ve hücre içi bileşenlerinden kaynaklanan postbiyotik bileşiklerin daha ayrıntılı karakterizasyonu ve bu bileşiklerin sağlık üzerindeki etkilerinin *in vivo* düzeyde araştırılması önerilmektedir. Böylece hem gıda endüstrisinde hem de sağlık alanında yenilikçi ve fonksiyonel ürünler geliştirilebileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adams, C. A. 2010. The probiotic paradox: Live and dead cells are biological response modifiers. *Nutrition Research Reviews*, 23(1), 37-46.
- Akan, E., Yavaş, A. and Dikme, M. 2025. Bioactive potentials of paraprobiotic kefir: Enhanced protein hydrolysis and anticancer efficacy. *International Dairy Journal*, 163, 106169.
- Akter, S., Park, J. H., and Jung, H. K. 2020. Potential health-promoting benefits of paraprobiotics, inactivated probiotic cells. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(4), 477.
- Almada, C. N., Almada, C. N., Martinez, R. C., Sant'Ana, A. S. 2016. Paraprobiotics: Evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods. *Trends in Food Science and Technology*, 58, 96-114.
- Almada, C. N., Almada-Érix, C. N., Costa, W. K., Graça, J. S., Cabral, L., Noronha, M. F., and Sant'Ana, A. S. 2021. Wheat-durum pasta added of inactivated *Bifidobacterium animalis* decreases glucose and total cholesterol levels and modulates gut microbiota in healthy rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(6), 781-793.
- Almada, C. N., Almada-Erix, C. N., Roquette, A. R., Santos-Junior, V. A., Cabral, L., Noronha, M. F., and Sant'Ana, A. S. 2021. Paraprobiotics obtained by six different inactivation processes: Impacts on the biochemical parameters and intestinal microbiota of Wistar male rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(8), 1057-1070.
- Amiri, S., Mokarram, R. R., Khiabani, M. S., Bari, M. R., and Khaledabad, M. A. 2019. Exopolysaccharides production by *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12: optimization of fermentation variables and characterization of structure and bioactivities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 752-765.
- Amiri, S., Rezazadeh, M., Alizadeh, M., and Rezaei, R. 2021. Co-production of conjugated linoleic acids, exopolysaccharides and bacteriocins by *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 in supplemented dairy effluents. *Chemical Review Letters*, 4, 66-76.
- Anonim. 1994. TS 1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 s.
- Anonim. 1995. TS 8189 Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 10 s.
- Anonim. 2006. Türk Gıda Kodeksi: Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ (2006/34). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 7 Temmuz 2006.
- Anonymous. 1986. Milk determination of nitrogen content (Kjeldahl Method) and calculation of crude protein content. International Dairy Federation Standard, 20A, Belgium.

- Anonymous. 2001. Milk and Milk Products-General Guidance for the Preparation of Test Samples, Initial Suspensions and Decimal Dilutions for Microbiological Examination. International Dairy Federation Standard, Belgium, pp 12.
- Anonymous. 2007. Milk and milk products-determination of lactose content by high performance liquid chromatography. International Dairy Federation Standart. Belgium, ISO 22662/IDF98.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Çelik, S. E. 2008. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 160, 413-419.
- Aydın, B. 2022. Postbiotics and paraprobiotics: A new trend for functional foods. C. Yücel (Ed.), *Depths of Science* (ss. 75-89). İksad Yayınevi
- Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., and Ibrahim, S. A. 2020. Lactic acid bacteria: Food safety and human health applications. *Dairy*, 1(3), 202-232.
- Barros, C. P., Grom, L. C., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Silva, R., Cruz, A. G. 2021. Paraprobiotic obtained by ohmic heating added in whey-grape juice drink is effective to control postprandial glycemia in healthy adults. *Food Research International*, 140, 109905.
- Barros, C. P., Pires, R. P., Guimarães, J. T., Abud, Y. K., Almada, C. N., Pimentel, T. C., and Cruz, A. G. 2021. Ohmic heating as a method of obtaining paraprobiotics: Impacts on cell structure and viability by flow cytometry. *Food Research International*, 140, 110061.
- Buchanan, RE., Gibbons, NE. 1974. Bergey's Manual of Detrminative Bacteriology, 8'h Edn. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Campana, R., Van Hemert. S., Baffone, W. 2017. Strain-specific probiotic properties of lactic acid bacteria and their interference with human intestinal pathogens invasion. *Gut Pathogens*, 9,12.
- Capurso, L. 2019. Thirty years of *Lactobacillus rhamnosus* GG: A review. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 53(Suppl. 1), S1-S41.
- Casarotti, S. N., Monteiro, D. A., Moretti, M. M., and Penna, A. L. B. 2014. Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. *Food Research International*, 59, 67-75.
- Chauveau-Duriot, B., Doreau, M., Nozière, P., and Graulet, B. 2010. Simultaneous quantification of carotenoids, retinol, and tocopherols in forages, bovine plasma, and milk: validation of a novel UPLC method. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 777-790.
- Cheikhyoussef, A., Pogori, N. and Zhang, H. 2007. Study of the inhibition effects of *Bifidobacterium* supernatants towards growth of *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. *International Journal of Dairy Science*, 2, 11-15.
- Cherrington, C. A., Hinton, M., Pearson, G. R. and Chopra, I. 1991. Inhibition of *Escherichia coli* K12 by short-chain organic acids: Lack of evidence for induction of the SOS response. *Journal of Applied Bacteriology*, 70, 156-160.

- Cizeikiene, D., and Jagelaviciute, J. 2021. Investigation of antibacterial activity and probiotic properties of strains belonging to *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* genera for their potential application in functional food and feed products. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-17.
- Costa, GN., Miglioranza, LHS. 2012. Probiotics: the effects on human health and current prospects. In: Rigobelo EC (ed) Probiotics. In Tech Open, London, 367-384
- Cuevas-González, P. F., Liceaga, A. M. and Aguilar-Toalá, J. E. 2020. Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*, 136, 109502.
- Çiftçi, M., and Öncül, N. 2024. The viability of microorganism of probiotic yogurt enriched with bee pollen. *CyTA-Journal of Food*, 22(1), 2319834.
- Darwish, A. A., El-Deeb, A. M., and Elgindy, A. A. 2018. Viability of probiotic bacteria in fermented milk beverages containing roasted date palm kernel. *Sciences*, 8(4), 1273-1289.
- Demirbağ, Z., Alan, S., and Öksüztepe, G. 2023. Fonksiyonel gıdalar ve beslenmedeki önemi. *Bozok Veterinary Sciences*, 4(2), 54-60.
- Donkor, O. N., Tsangalis, D., and Shah, N. P. 2007. Viability of probiotic bacteria and concentrations of organic acids in commercial yoghurts during refrigerated storage. *Food Australia*, 59, 121
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1987. "Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik II)", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021, 381.
- Ertan, K., Bayana, D., Gokce, O., Alatossava, J. T., Yilmaz, Y., and Gursoy, O. 2017. Total antioxidant capacity and phenolic content of pasteurized and UHT-treated cow milk samples marketed in Turkey. *Akademik Gıda Dergisi*, 15(2), 103-108.
- Escamilla, J., Lane, M., Maitin, V. 2012. Cell-free supernatants from probiotic *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus rhamnosus* GG decrease colon cancer cell invasion in vitro. *Nutrition Cancer*, 64, 871-878.
- Farhoodi, M., Mofid, V., Homayouni-Rad, A., and Mortazavian, A. 2023. Effects of adding non-viable *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* on physicochemical, microbial, chemical, and sensory attributes of probiotic doogh.
- Fernández-León, M. F., Fernández-León, A. M., Lozano, M., Ayuso, M. C., Amodio, M. L., Colelli, G., and González-Gómez, D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31(2), 302-313.
- Fichera, G., Fichera, M., Milone, G. 2016. Antitumoural activity of a cytotoxic peptide of *Lactobacillus casei* peptidoglycan and its interaction with mitochondrial-bound hexokinase. *Anti-Cancer Drug*, 27, 609.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002. Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf> . Son erişim tarihi: 25.04.2025

- Franco, W. 2024. Postbiotics and parabiotics derived from bacteria and yeast: current trends and future perspectives. *CyTA-Journal of Food*, 22(1), 2425838.
- Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., and Sang, Y. 2021. Probiotics in the dairy industry-Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3937-3982.
- Göçer, E. M. Ç., Ergin, F., Arslan, A. A., ve Küçükçetin, A. 2016. Farklı inkübasyon sıcaklığı ile inkübasyon sonlandırma pH'sının probiyotik yoğurdun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(4), 341-350.
- Gökırmaklı, Ç., Üçgül, B. and Seydim, Z. 2021. Fonksiyonel gıda kavramına yeni bir bakış: Postbiyotikler. *Gıda*, 46(4), 872-882.
- Green, M., Arora, K., and Prakash, S. 2020. Microbial medicine: prebiotic and probiotic functional foods to target obesity and metabolic syndrome. *International Journal of Molecular Science*, 21(8), 1-28.
- Guerin, J., Burgain, J., Francius, G., El-Kirat-Chatel, S., Beaussart, A., Scher, J., and Gaiani, C. 2018. Adhesion of *Lactobacillus rhamnosus* GG surface biomolecules to milk proteins. *Food Hydrocolloids*, 82, 296-303.
- Haj-Mustafa, M., Abdi, R., Sheikh-Zeinoddin, M., and Soleimanian-Zad, S. 2015. Statistical study on fermentation conditions in the optimization of exopolysaccharide production by *Lactobacillus rhamnosus* 519 in skimmed milk base media. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 521-527.
- Hanifah, R., Arief, I. I., and Budiman, C. 2016. Antimicrobial activity of goat milk yoghurt with addition of a probiotic *Lactobacillus acidophilus* IIA-2B4 and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L) extract. *International Food Research Journal*, 23(6), 2447-2453.
- Hatti-Kaul, R., Chen, L., Dishisha, T., and Enshasy, H. E. 2018. Lactic acid bacteria: From starter cultures to producers of chemicals. *Microbiology Letters*, 365(20), 213.
- Hussein, S. A., and Kebary, K. M. K. 1999. Improving viability of bifidobacteria by microentrapment and their effect on some pathogenic bacteria in stirred yoghurt. *Acta Alimentaria*, 28(2), 113-131.
- Hyun, J. H., Woo, I. K., Kim, K. T., Park, Y. S., Kang, D. K., Lee, N. K., and Paik, H. D. 2023. Antioxidant and immunostimulatory effect of heat-treated paraprobiotics *Latilactobacillus sakei* KU15041 and *Latilactobacillus curvatus* KU15003. *Research Square* 1-20
- Ibrahim, S. A., Yeboah, P. J., Ayivi, R. D., Eddin, A. S., Wijemanna, N. D., Paidari, S., and Bakhshayesh, R. V. 2023. A review and comparative perspective on health benefits of probiotic and fermented foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 4948-4964.
- Indira, M., Venkateswarulu, T. C., Abraham Peele, K., Nazneen Bobby, M., and Krupanidhi, S. 2019. Bioactive molecules of probiotic bacteria and their mechanism of action: a review. *Biotechnology*, 9(8), 306.

- İçier, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş. ve Türköz, B. K. 2022. Postbiyotikler ve gıda endüstrisinde kullanım alanları. *Gıda*, 47(2), 252-265.
- İncili, G. K., Akgöl, M., Karatepe, P., Kanmaz, H., Kaya, B., Tekin, A., and Hayaloğlu, A. A. 2023. Inhibitory effect of bioactive compounds derived from freeze-dried paraprobiotic of *Pediococcus acidilactici* against food-borne pathogens: In-vitro and food model studies. *Food Research International*, 170, 113045.
- Jang, K. O., Choi, J. S., Choi, K. H., Kim, S., Kim, H., Chung, D. K. 2023. Anti-obesity potential of heat-killed *Lactiplantibacillus plantarum* K8 in 3T3-L1 cells and high-fat diet mice. *Heliyon*, e12926.
- Jiménez, A. M., Murcia, M. A., Parras, P., and Martínez-Tomé, M. 2008. On the importance of adequately choosing the ingredients of yoghurt and enriched milk for their antioxidant activity. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(8), 1464-1473.
- Jungersen, M., Wind, A., Johansen, E., Christensen, J. E., Stuer-Lauridsen, B., and Eskesen, D. 2014. The science behind the probiotic strain *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12®. *Microorganisms*, 2(2), 92-110.
- Kahraman, M., and Karahan, A. G. 2018. Probiyotiklerin tümör baskılayıcı etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(4), 421-442.
- Kang, C. H., Kim, J. S., Park, H. M., Kim, S., and Paek, N. S. 2021. Antioxidant activity and short-chain fatty acid production of lactic acid bacteria isolated from Korean individuals and fermented foods. *Biotechnology*, 11(5), 217.
- Kim, D. H., Jeong, D., Kim, H., Kang, I. B., Chon, J. W., Song, K. Y., and Seo, K. H. 2016. Antimicrobial activity of kefir against various food pathogens and spoilage bacteria. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6), 787.
- Kim, S., Lee, H. H., Choi, W., Kang, C. H., Kim, G. H., and Cho, H. 2022. Anti-Tumor effect of heat-killed *Bifidobacterium bifidum* on human gastric cancer through Akt-p53-Dependent mitochondrial apoptosis in xenograft models, *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17), 9788.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., ve Çağlar, A. 1993. Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, ss 252-238.
- Kurtuldu, O., and Ozcan, T. 2018. Effect of β -glucan on the properties of probiotic set yoghurt with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* strain Bb-12. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 157-166.
- Kuş H, 2010. İnsan Orjinli Probiyotik Bakteriler Kullanılarak Probiyotik Ayran Üretimi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Tekirdağ.
- Landersjö, C., Yang, Z., Huttunen, E., and Widmalm, G. 2002. Structural Studies of the Exopolysaccharide Produced by *Lactobacillus rhamnosus* strain GG (ATCC 53103). *Biomacromolecules*, 3(4), 880-884.
- Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., and Korma, S. A. 2023. Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1216674.

- Laws, A., Gu, Y., and Marshall, V. 2001. Biosynthesis, characterisation, and design of bacterial exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Biotechnology Advances*, 19(8), 597-625.
- Lei, W., Luo, J., Wu, K., Chen, Q., Hao, L., Zhou, X., and Zhou, H. 2021. *Dendrobium candidum* extract on the bioactive and fermentation properties of *Lactobacillus rhamnosus* GG in fermented milk. *Food Bioscience*, 41, 100987.
- Li, S., Gong, G., Ma, C., Liu, Z., and Cai, J. 2016. Study on the influence of tea extract on probiotics in skim milk: from probiotics propagation to metabolite. *Journal of Food Science*, 81(8), 1981.
- Li, S., Huang, R., Shah, N. P., Tao, X., Xiong, Y., and Wei, H. 2014. Antioxidant and antibacterial activities of exopolysaccharides from *Bifidobacterium bifidum* WBIN03 and *Lactobacillus plantarum* R315. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7334-7343.
- Li, X., Xu, Q., Jiang, T., Fang, S., Wang, G., Zhao, J., and Chen, W. 2016. A comparative study of the antidiabetic effects exerted by live and dead multi-strain probiotics in the type 2 diabetes model of mice, *Food & Function Journal*, 7(12), 4851-4860.
- Lim H S, Yeu J E, Hong S P, and Kang M S. 2018. Characterization of antibacterial cell-free supernatant from oral care probiotic *Weissella cibaria*. *Molecules*, 23(8), 1984
- Lin, W. Y., Lin, J. H., Kuo, Y. W., Chiang, P. F. R., and Ho, H. H. 2022. Probiotics and their metabolites reduce oxidative stress in middle-aged mice. *Current Microbiology*, 79(4), 104.
- Lindström, C., Holst, O., Nilsson, L., Öste, R., and Andersson, K. E. 2012. Effects of *Pediococcus parvulus* 2.6 and its exopolysaccharide on plasma cholesterol levels and inflammatory markers in mice, *AMB Express*, 2(1), 1-9.
- Liptáková, D., Valík, L. and Medved'ová, A. 2008. Characterization of the growth of *Lactobacillus rhamnosus* GG in milk at suboptimal temperatures. *Journal of Food and Nutrition Research*, 47, 60-67.
- Liu, J. R., Lin, Y. Y., Chen, M. J., Chen, L. J., and Lin, C. W. 2005. Antioxidative activities of kefir. Asian-Australasian. *Journal of Animal Sciences*, 18(4), 567-573.
- Luo, Z. L., Xie, J. Z., Xu, S. F., and Hua, Z. J. 1998. Study on growth inhibition of pathogens by *Bifidobacterium infantis*. *China Dairy Industry*, 26, 3-6.
- Martins, F. S., Silva, A. A., Vieira, A. T., Barbosa, F. H., Arantes, R. M., Teixeira, M. M., and Nicoli, J. R. 2009. Comparative study of *Bifidobacterium animalis*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus casei* and *Saccharomyces boulardii* probiotic properties. *Archives of Microbiology*, 191, 623-630.
- Matera, M. 2024. Bifidobacteria, Lactobacilli. when, how and why to use them. *Global Pediatrics*, 8, 100139.
- Matijević, B., Lisak, K., Božanić, R., and Tratnik, L. 2011. Impact of enzymatic hydrolyzed lactose on fermentation and growth of probiotic bacteria in whey. *Mljekarstvo: Časopis Za Unaprjeđenje Proizvodnje I Prerade Mlijeka*, 61(2), 154-160.

- Mazzoli, R., Bosco, F., Mizrahi, I., Bayer, E. A., and Pessione, E. 2014. Towards lactic acid bacteria-based biorefineries. *Biotechnology Advances*, 32(7), 1216-1236.
- McKellar, RC., and Knight, KP. 1999. Growth and survival of various strains of enterohemorrhagic *Escherichia coli* in hydrochloric and acetic acid. *Journal of Food Protection*, 62, 1466-1469.
- Mehta, J. P., Ayakar, S., and Singhal, R. S. 2023. The potential of paraprobiotics and postbiotics to modulate the immune system: A Review. *Microbiological Research*, 275, 127449.
- Mishra, S., and Acharya, S. 2021. A brief overview on probiotics: the health friendly microbes. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 14(4), 1869-1880.
- Mishra, V., Shah, C., Mokashe, N., Chavan, R., Yadav, H., and Prajapati, J. 2015. Probiotics as potential antioxidants: a systematic review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(14), 3615-3626.
- Mitra, S. and Ghosh, B. C. 2020. Quality characteristics of kefir as a carrier for probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG. *International Journal of Dairy Technology*, 73(2), 384-391.
- Moretto, L., Tonolo, F., Folda, A., Scalcon, V., Bindoli, A., Bellamio, M., and Rigobello, M. P. 2021. Comparative analysis of the antioxidant capacity and lipid and protein oxidation of soy and oats beverages. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3, 1-10.
- Morris, A., Boeneke, C., and King, J. M. 2025. Comparison of storage stability and in vitro digestion of rice flour-based yogurt alternatives made with *Lactobacillus rhamnosus* Lgg to milk-based yogurt. *Foods*, 14(7), 1129.
- Mortazavian, A. M., Sohrabvandi, S., Mousavi, M., and Reinheimer, J. A. 2006. Combined effects of temperature-related variables on the viability of probiotic microorganisms in yogurt. *International Dairy Journal*, 16(9), 1021-1030.
- Nalbant, D., ve Yüceer, Y. 2020. İnek ve keçi sütü kullanılarak üretilen probiyotik fermente süt ürünlerinin karakteristik özellikleri. *Gıda*, 45(2), 315-328.
- Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V., and Yadav, H. 2020. Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*, 19, 1-22.
- Ng, K. S., Chang, Y. C., Chen, Y. P., Lo, Y. H., Wang, S. Y., and Chen, M. J. 2021. Characterization of exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria from Taiwanese ropy fermented milk and their application in low-fat fermented milk. *Animal Bioscience*, 35(2), 281.
- Nguyen, T. M. P., Lee, Y. K., and Zhou, W. 2009. Stimulating fermentative activities of bifidobacteria in milk by highintensity ultrasound. *International Dairy Journal*, 19(6-7), 410-416.
- Nguyen, T. M. P., Lee, Y. K., and Zhou, W. 2012. Effect of high intensity ultrasound on carbohydrate metabolism of bifidobacteria in milk fermentation. *Food Chemistry*, 130(4), 866-874.

- Niero, G., De Marchi, M., Masi, A., Penasa, M., and Cassandro, M. 2015. Short communication: Characterization of soluble thiols in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6014-6017.
- Novik, G., and Savich, V. 2020. Beneficial microbiota. Probiotics and pharmaceutical products in functional nutrition and medicine. *Microbes and Infection*, 22(1), 8-18.
- Noziere, P., Grolier, P., Durand, D., Ferlay, A., Pradel, P., and Martin, B. 2006. Variations in carotenoids, fat-soluble micronutrients, and color in cows' plasma and milk following changes in forage and feeding level. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2634-2648.
- Oh, D. H., Park, J. H., and Park, B. K. 2000. Effect of organic acids on the survival of *Escherichia coli* O157:H7. *Journal of Food Science and Nutrition*, 5, 131-135.
- Oh, N. S., Joung, J. Y., Lee, J. Y., and Kim, Y. 2018. Probiotic and anti-inflammatory potential of *Lactobacillus rhamnosus* 4B15 and *Lactobacillus gasseri* 4M13 isolated from infant feces. *PloS one*, 13(2), e0192021.
- Okur, H. H., Yıldırım, H. K., Yousefvand, A., and Saris, P. E. 2025. Production of fermented soy and soy/cow milk products with probiotic *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG strain. *Food and Bioprocess Technology*, 18(6), 5736-5748.
- Oleksy-Sobczak, M., and Klewicka, E. 2020. Optimization of media composition to maximize the yield of exopolysaccharides production by *Lactobacillus rhamnosus* strains. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12, 774-783.
- Ostadrahimi, A., Taghizadeh, A., Mobasser, M., Farrin, N., Payahoo, L., Gheshlaghi, Z. B., and Vahedjabbari, M. 2015. Effect of probiotic fermented milk (kefir) on glycemic control and lipid profile in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Iranian Journal of Public Health*, 44(2), 228.
- Ozcan, T., Yilmaz-Ersan, L., Akpınar-Bayizit, A., and Delikanli, B. 2017. Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa* Mill). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13156.
- Özdemir, H., Soyer, A., Tağı, Ş., ve Turan, M. 2014. Nar kabuğu ekstraktının antimikrobiyel ve antioksidan aktivitesinin köfte kalitesine etkisi. *GIDA*, 39 (6), 355-362.
- Özdemir, U., and Kılıç, M. 2004. Influence of fermentation conditions on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal of Texture Studies*, 35, 415-428.
- Öztürk, B., Sulak, G., Eker, S., and Şengün, İ. Y. 2024. Paraprobiyotikler ve postbiyotikler: gıda ve farmakoloji uygulamaları. *Gıda*, 49(4), 641-655.
- Palamutoğlu, R. 2024. Fonksiyonel probiyotik gıdalar. *Sağlık & Bilim 2024: Beslenme-II*, 131.
- Parvarej, M. M., Fazeli, M. R., Mortazavian, A. M., Nezhad, S. S., and Mortazavi, S. A. 2021a. Comparative effect of probiotic and paraprobiotic addition on rheological and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 95-106.

- Parvarei, M. M., Fazeli, M. R., Mortazavian, A. M., Nezhad, S. S., Mortazavi, S. A., and Golabchifar, A. A., Khorshidian, N. 2021b. Comparative effects of probiotic and paraprobiotic addition on microbiological, biochemical and physical properties of yogurt. *Food Research International*, 140, 110030.
- Parvarei, M. M., Khorshidian, N., Fazeli, M. R., Mortazavian, A. M., Nezhad, S. S., and Mortazavi, S. A. 2021c. Comparative effect of probiotic and paraprobiotic addition on physicochemical, chemometric and microstructural properties of yogurt. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 144, 111177.
- Peate, I. 2021. The gastrointestinal system. *British Journal of Healthcare Assistants*, 15(3), 132-137.
- Pena, F. L., Souza, M. C., Valle, M. C. P., Bezerra, R. M., Rostagno, M. A., and Antunes, A. E. 2021. Probiotic fermented milk with high content of polyphenols: Study of viability and bioaccessibility after simulated digestion. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 170-180.
- Pihlanto, A. 2006. Antioxidative peptides derived from milk proteins. *International Dairy Journal*, 16(11), 1306-1314.
- Prajapati, K., Bisani, K., Prajapati, H., Prajapati, S., Agrawal, D., Singh, S., and Goswami, D. 2024. Advances in probiotics research: mechanisms of action, health benefits, and limitations in applications. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 4(2), 386-406.
- Pramanik, S., Venkatraman, S., Karthik, P., and Vaidyanathan, V. K. 2023. A systematic review on selection characterization and implementation of probiotics in human health. *Food Science and Biotechnology*, 32(4), 423-440.
- Pritchard, S.R., Phillips, M., and Kailasapathy, K., 2010, Identification of bioactive peptides in commercial Cheddar cheese. *Food Research International*, 43, 1545-1548.
- Priyashantha, H., Buldo, P., Berg, T., Gilleladden, C., and Ipsen, R. 2021. Understanding the fermentation factors affecting the separability of fermented milk: A model system study. *Food Structure*, 30, 100232.
- Purohit, D. H., Hassan, A. N., Bhatia, E., Zhang, X., and Dwivedi, C. 2009. Rheological, sensorial, and chemopreventive properties of milk fermented with exopolysaccharide-producing lactic cultures. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 847-856.
- Purwandari, U., Shah, N. P., and Vasiljevic, T. 2007. Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on technological and rheological properties of set-type yoghurt. *International Dairy Journal*, 17(11), 1344-1352.
- Pyclik, M., Srutkova, D., Schwarzer, M., and Gorska, S. 2020. Bifidobacteria cell wall-derived exo-polysaccharides, lipoteichoic acids, peptidoglycans, polar lipids and proteins-their chemical structure and biological attributes. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 147, 333-349.
- Rajoka, M. S. R., Jin, M., Haobin, Z., Li, Q., Shao, D., Jiang, C., and Hussain, N. 2018. Functional characterization and biotechnological potential of exopolysaccharide

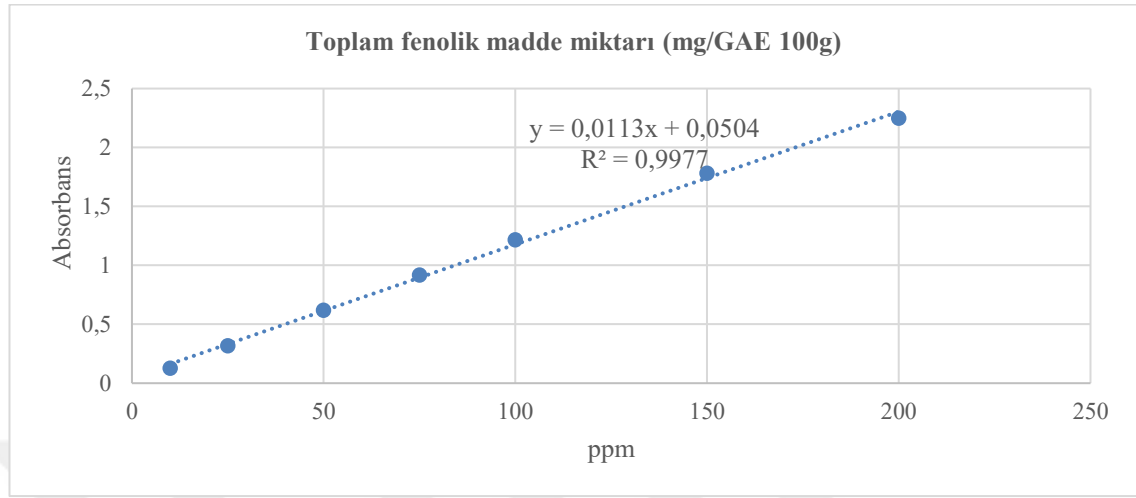
- produced by *Lactobacillus rhamnosus* strains isolated from human breast milk. *Lwt*, 89, 638-647.
- Ramkrishna, S., Chellamboli, C., and Anupama, D. 2019. A revolution by probiotic and paraprobiotic in food industry: review. *Research Review International Journal of Multidisciplinary*, 4(9), 72-81.
- Rau De Almeida Callou, K., Sadigov, S., Lajolo, F. M., and Genovese, M. I. (2010). Isoflavones and antioxidant capacity of commercial soy-based beverages: effect of storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4284-4291.
- Reinheimer, J. A., Demkow, M. R., and Candiotti, M. C. 1990. Inhibition of coliform bacteria by lactic cultures. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 45(1):5-9.
- Rerksuppaphol, S., and Rerksuppaphol, L. 2015. A randomized double-blind controlled trial of *Lactobacillus acidophilus* plus *Bifidobacterium bifidum* versus placebo in patients with hypercholesterolemia. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(3), KC01.
- Sanders ME, Benson A, Lebeer S, Merenstein DJ, and Klaenhammer T. R. 2018. Shared mechanisms among probiotic taxa: implications for general probiotic claims. *Biotechnology*, 49,207-216
- Satir, G., and Guzel-Seydim, Z. B. 2015. Influence of kefir fermentation on the bioactive substances of different breed goat milks. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 852-858.
- Schepper, JD., Irwin, R., Kang, J., Dagenais, K., Lemon, T., Shinouskis, A., Parameswaran, N., and McCabe, LR. 2017. Probiotics in gut-bone signaling. Understanding the gut-bone signaling axis. *Mechanisms and Therapeutic Implications*, 225-247.
- Scott, B.R., Yang, X., Geornaras, I., Delmore, R.J., Woerner, D.R., Reagan, J.O., Morgan, J.B., and Belk, K.E. 2015. Antimicrobial efficacy of a sulfuric acid and sodium sulfate blend, peroxyacetic acid, and cetylpyridinium chloride against *Salmonella* on inoculated chicken wings. *Journal of Food Protection*, 78, 1967-1972.
- Seçkin, A. K., ve Baladura, E. 2011. Süt ve süt ürünlerinin fonksiyonel özellikleri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 27-38.
- Segers, M. E., and Lebeer, S. 2014. Towards a better understanding of *Lactobacillus rhamnosus* GG-host interactions. *Microbial Cell Factories*, 13, S7.
- Shabbir, I., Al-Asmari, F., Saima, H., Nadeem, M. T., Ambreen, S., Kasankala, L. M., and Rocha, J. M. 2023. The biochemical, microbiological, antioxidant and sensory characterization of fermented skimmed milk drinks supplemented with probiotics *Lactocaseibacillus casei* and *Lactocaseibacillus rhamnosus*. *Microorganisms*, 11(10), 2523.
- Sharma, S., Singh, A., Sharma, S., Kant, A., Sevda, S., Taherzadeh, M. J., and Garlapati, V. K. 2021. Functional foods as a formulation ingredient in beverages: Technological advancements and constraints. *Bioengineered*, 12(2), 11055-11075.

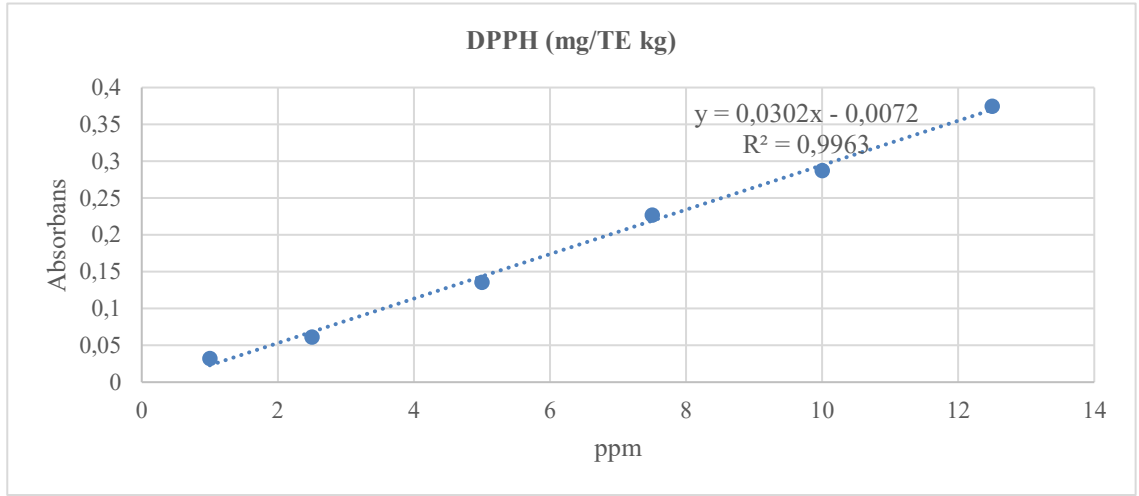
- Shripada, R., Gayatri, A. J., and Sanjay, P. 2020. Paraprobiotics. *Precision Medicine for Investigators, Practitioners and Providers*, 39-49.
- Siciliano, R. A., Reale, A., Mazzeo, M. F., Morandi, S., Silveti, T., and Brasca, M. 2021. Paraprobiotics: A new perspective for functional foods and nutraceuticals. *Nutrients*, 13(4), 1225.
- Sionek, B., and Gantner, M. 2025. Probiotics and Paraprobiotics-New Proposal for Functional Food. *Applied Sciences*, 2076-3417, 15(1).
- Sørensen, H. M., Rochfort, K. D., Maye, S., MacLeod, G., Brabazon, D., Loscher, C., and Freeland, B. 2022. Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: Production, purification and health benefits towards functional food. *Nutrients*, 14(14), 2938.
- Sugawara, T., Sawada, D., Ishida, Y., Aihara, K., Aoki, Y., Takehara, I., and Fujiwara, S. 2016. Regulatory effect of paraprobiotic *Lactobacillus gasseri* CP2305 on gut environment and function. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 27(1), 30259.
- Sun, J., Chen, H., Qiao, Y., Liu, G., Leng, C., Zhang, Y., and Feng, Z. 2019. The nutrient requirements of *Lactobacillus rhamnosus* GG and their application to fermented milk. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5971-5978.
- Szajnar, K., Znamirska, A., and Kuźniar, P. 2020. Sensory and textural properties of fermented milk with viability of *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 and increased calcium concentration. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 582-598.
- Taşkoparan, Ş., Altınay, C., and Özer, H. B. 2025. Recent updates of probiotic dairy-based beverages. *Food & Function*, 16(5), 1656-1669.
- Taverniti, V., and Guglielmetti, S. 2011. The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: Proposal of paraprobiotic concept). *Genes & Nutrition*, 6, 261-274.
- Teame, T., Wang, A., Xie, M., Zhang, Z., Yang, Y., Ding, Q., and Zhou, Z. 2020. Paraprobiotics and postbiotics of probiotic Lactobacilli, their positive effects on the host and action mechanisms: A review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 570344.
- Tok, E., and Aslim, B. 2010. Cholesterol removal by some lactic acid bacteria that can be used as probiotic. *Microbiology and Immunology*, 54(5), 257-264.
- Tratnik, L., Bozanic, R., Herceg, Z., and Drgalic, I. 2006. The quality of plain and supplemented kefir from goat's and cow's milk. *International Journal Dairy Technology*, 59: 40-46.
- Usta, B., and Yilmaz-Ersan, L. 2013. Antioxidant enzymes of milk and their biological effects. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 2, 123-130.
- Vallejo-Cordoba, B., Castro-López, C., García, H. S., González-Córdova, A. F., and Hernández-Mendoza, A. 2020. Postbiotics and paraprobiotics: A review of current evidence and emerging trends. *Advances in Food and Nutrition Research*, 94, 1-34.

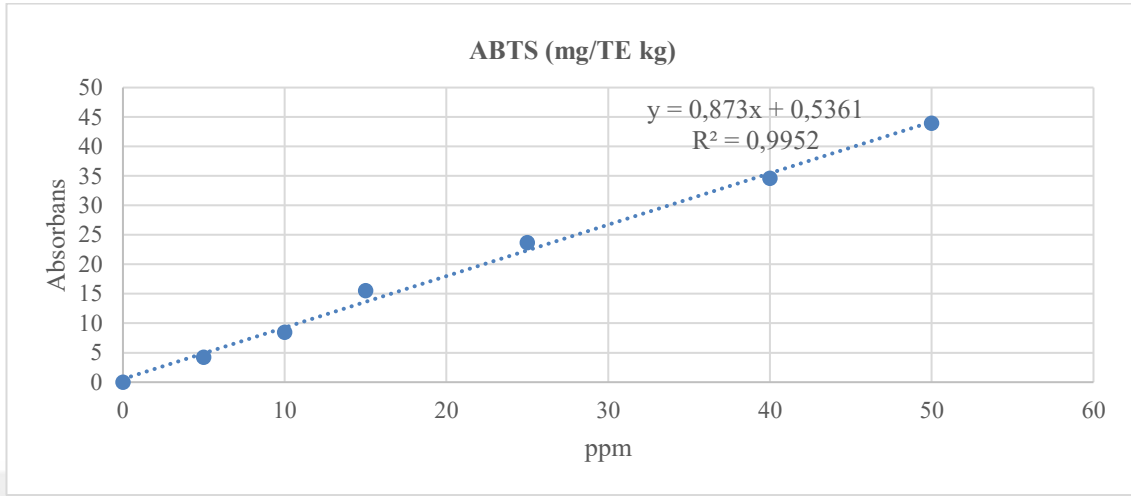
- Vernazza, C. L., Gibson, G. R., and Rastall, R. A. 2006. Carbohydrate preference, acid tolerance and bile tolerance in five strains of *Bifidobacterium*. *Journal of Applied Microbiology*, 100, 846-853.
- Vianna, F. S., Canto, A. C., da Costa-Lima, B. R., Salim, A. P. A., Costa, M. P., Balthazar, C. F., and Silva, A. C. 2017. Development of new probiotic yoghurt with a mixture of cow and sheep milk: effects on physicochemical, textural and sensory analysis. *Small Ruminant Research*, 149, 154-162.
- Vural, Y. 2023. Üretimlerinde farklı tip peynirlere ait peyniraltı suyu tozları kullanılan yoğurtların fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 74 s.
- Wang, K., Niu, M., Song, D., Song, X., Zhao, J., Wu, Y., Lu, B., and Niu, G. 2020. Preparation, partial characterization and biological activity of exopolysaccharides produced from *Lactobacillus fermentum* S1. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 129, 206-214.
- Wang, S., Ahmadi, S., Nagpal, R., Jain, S., Mishra, S., Kavanagh, K., Zhu, X., Wang, Z., McClain, D., Kritchevsky, S., and Kitzman, D. 2020. Lipoteichoic acid from the cell wall of a heat killed *Lactobacillus paracasei* D3-5 ameliorates aging-related leaky gut, inflammation and improves physical and cognitive functions: from *C. elegans* to mice. *GeroScience*, 42, 333-52.
- Yan, S., Yang, B., Ross, R. P., Stanton, C., Zhang, H., Zhao, J., and Chen, W. 2020. *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* YS108R fermented milk alleviates DSS induced colitis via anti-inflammation, mucosal barrier maintenance and gut microbiota modulation. *Journal of Functional Foods*, 73, 104153.
- Yeniçeri, Ş. A., Göçer, E. M. Ç., ve Küçükçetin, A. 2021. Probiyotik bakteri içeren ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Akademik Gıda*, 19(4), 414-423.
- Yirmibeşoğlu, S. S. S., ve Öztürk, B. E. T. 2020. Ticari ve lokal kefir danelerinden elde edilen kefirlerin biyoaktivitelerinin karşılaştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 769-777.
- Zahidah, I., Bölek, S., Terzioğlu, Ö. T., and Adıgüzel, S. 2024. Determination of the effects of novel paraprobiotic supplement of *Lactobacillus plantarum* on soy dairy-free beverage by physicochemical, antioxidant, sensory analyses, and Raman spectroscopy technique. *Journal of Food Science*, 89(11), 7189-7202.
- Zawistowska-Rojek, A., and Tyski, S. 2022. How to improve health with biological agents-Narrative review. *Nutrients*, 14(9), 1700.
- Zhao, X., and Liang, Q. 2022. EPS-producing *Lactobacillus plantarum* MC5 as a compound starter improves rheology, texture, and antioxidant activity of yogurt during storage. *Foods*, 11(11), 1660.
- Zulueta, A., Maurizi, A., Frígola, A., Esteve, M. J., Coli, R., and Burini, G. 2009. Antioxidant capacity of cow milk, whey and deproteinized milk. *International Dairy Journal*, 19(6-7), 380-385.

7. EKLER

EK-1 Toplam fenolik madde miktarını belirlemede kullanılan standard eğrisi



EK-2 Radikal süpürücü aktivite (DPPH) belirlemede kullanılan standard eğrisi

EK-3 Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) belirlemede kullanılan standard eğrisi

ÖZGEÇMİŞ

Işıl KAAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2021	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi
2024-Devam Ediyor	Gıda Mühendisliği Bölümü