

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

**FARKLI PROBİYOTİK STARTER KÜLTÜRLER İLE
DEMİNERALİZE PEYNİR ALTI SUYU TOZU KULLANILARAK
FERMENTE İÇECEK ÜRETİMİ**

Sibel İZMİRLİOĞLU

**Danışman
Doç. Dr. Aslı AKPINAR
II. Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ceyda SÖBELİ**

MANİSA-2024

Sibel İZMİRLİOĞLU

FARKLI PROBYOTİK STARTER KÜLTÜRLER İLE DEMİNERALİZE
PEYNİR ALTI SUYU TOZU KULLANILARAK FERMENTE İÇECEK
ÜRETİMİ

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

İmza
Sibel İZMİRLİOĞLU



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Sibel İZMİRLİOĞLU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ashı AKPINAR

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ceyda SÖBELİ

Çalışmanın amacı demineralize peynir altı suyu tozu ve prebiyotik kaynak olarak laktuloz ilavesiyle üretilen peynir altı suyunu, farklı probiyotik starter kültürlerle fermente ederek fonksiyonel peynir altı suyu üretimi gerçekleştirmektir. Fermantasyon amacıyla kullanılan probiyotik starter kültürler *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus reuteri*, *Lactocaseibacillus gasseri*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 ve *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* dir. Üretilen fermente peynir altı suyu içecekleri, +4 °C’de 28 gün boyunca depolanmış ve depolamanın 1., 7., 14., 21. ve 28. gününde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal analizleri yapılarak sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Fermente peynir altı suyu içecekleri arasındaki kuru madde, kül, protein, karbonhidrat değerlerindeki farklılıklar önemsiz bulunmuştur($p>0,05$). Depolama boyunca fermente içecekler arasında asitlik değerlerinde farklılıklar önemli bulunmuştur($p<0,05$). Fermente içeceklerde *B. lactis* BB12 canlılığı 8 log kob/ml seviyelerinde, *L. rhamnosus* canlılığı 9 log kob/ml, *L. reuteri* canlılığı 8 log kob/ml, *L. gasseri* canlılığı 9 log kob/ml seviyelerinde tespit edilmiştir. Üretilen fermente peynir altı suyu içeceklere yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda laktulozun mikroorganizma gelişimini desteklediği, depolama süreci boyunca mikroorganizma canlılığının probiyotik seviyesini koruduğu görülmüştür. *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*. canlılığı 9 log kob/ml seviyelerinde değişiklik göstermektedir. Duyusal olarak *B. lactis* BB12 ile fermente edilen içecek en fazla beğeni alırken, *L. reuteri* ile fermente edilen içecek en az beğenilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde,

Üretilen fonksiyonel fermente içeceklerin endüstriyel üretim açısından raf ömrü özelliklerinin uygun olduğu grlmştir.

Anahtar Kelimeler: peyniraltı suyu, probiyotik, laktuloz, fermente gıdalar, *Propionibacterium* spp.

2024, 101 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Sibel İZMİRLİOĞLU

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Aşlı AKPINAR

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ceyda SÖBELİ

The aim of the study is to produce functional whey by fermenting the whey produced by adding demineralized whey powder and lactulose as a prebiotic source, with different probiotic starter cultures. Probiotic starter cultures used for fermentation are *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus reuteri*, *Lactocaseibacillus gasseri*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 and *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. The produced fermented whey drinks were stored at +4 °C for 28 days and physical, chemical, microbiological and sensory analyzes were performed on the 1., 7., 14., 21. and 28. days of storage and the results were evaluated statistically. Differences in dry matter, ash, protein and carbohydrate values between fermented whey beverages were found to be insignificant ($p>0.05$). Differences in acidity values among fermented beverages during storage were found to be significant ($p<0.05$). In fermented beverages, *B. lactis* BB12 viability was detected at 8 log kob/ml, *L. rhamnosus* viability at 9 log kob/ml, *L. reuteri* viability at 8 log kob/ml, *L. gasseri* viability at 9 log kob/ml. As a result of microbiological analysis of the fermented whey beverages produced, it was observed that lactulose supports the growth of microorganisms and maintains the probiotic level of microorganism viability throughout the storage process. The viability *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* varies at levels of 9 log kob/ml. Sensually, the beverage fermented with *B. lactis* BB12 was appreciated the most, while the beverage fermented with *L. reuteri* was appreciated the least. When the results obtained were evaluated, it was seen that

the shelf life properties of the functional fermented beverages produced were suitable for industrial production.

Keywords: whey, probiotic, lactulose, fermented foods, *Propionibacterium* spp.

2024, 101 pages



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında farklı probiyotik starter kültürler ile demineralize peynir altı suyu tozu kullanarak fermente içecek üretimi amaçlanmıştır. Çalışma dahilinde genel bilgilere yer verildikten sonra üretimi gerçekleştirilen fermente pas içeceğinin prosesi ve tezin deneysel bölümleri hakkında bilgi verilmiştir. Sonuç olarak analizlerden elde edilen verilere tartışma, sonuç ve öneri bölümlerinde yer verilmiştir.

Çalışmam süresince beni yönlendiren, destek olan, bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren saygıdeğer hocam Doç. Dr. Aslı AKPINAR'a, bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Ceyda SÖBELİ'ye, Tezimde yapmış olduğum bazı analizlerim için Ege Üniversitesi Süt Teknolojisi Bölümü laboratuvarlarını kullanmama izin veren Bölüm Başkanı Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ ve Doç. Dr. Oktay YERLİKAYA' ya, projeme katkıda bulunan BORSAV' a, tezimde bana yardımcı olan Pınar ŞENGÜN' e, sevgili eşim Fatih İZMİRLİOĞLU' na ve her zaman bana destek olan aileme teşekkür ederim. En önemliside yolumu aydınlatmaya devam eden canım babam İsmail DOĞAN'a teşekkür ederim.

Sibel İZMİRLİOĞLU
Manisa, 2024

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
<i>B. bifidum</i>	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>B. lactis</i> BB12	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB-12
<i>Bifidobacterium</i> spp.	<i>Bifidobacterium</i> türleri
cm³	Santimetre Küp
dk	Dakika
g	Gram
kob	Koloni oluşturan birim
kcal	Kilokalori
L	Litre
LA	Laktik asit
LAB	Laktik asit bakterisi
<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Lactobacillus</i> türleri
<i>L. plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
<i>L. bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
<i>L. reuteri</i>	<i>Lacticaseibacillus reuteri</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>Lacticaseibacillus gasseri</i>
<i>L. rhamnosus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>
log	10 tabanında logaritma
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MRS	De Man Rogosa and Sharpe
N	Normalite
NaOH	Sodyum hidroksit
pH	Hidrojenin Gücü
<i>Propionibacterium</i> spp.	<i>Propionibacterium</i> türleri
rpm	Dakikadaki devir sayısı
<i>S. thermophilus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
spp	Species Plural
vb.	ve benzeri
YGC	Yeast Extract Glucose Chloramphenicol

%	Yüzde
°C	Celsius derece
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Üretim Akış Şeması	26
Şekil 2. Peynir Altı Suyu Bileşenleri	40
Şekil 3. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceğinin pH Analizi Sonuçlarındaki Değişimler	44
Şekil 4. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçlarındaki Değişimler	46
Şekil 5. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi L* Değeri Sonuçlarındaki Değişimler	48
Şekil 6. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi a* Değeri Sonuçlarındaki Değişimler	49
Şekil 7. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi b* Değeri Sonuçlarındaki Değişimler	51
Şekil 8. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Viskozite Analiz Sonuçlarındaki Değişim	53
Şekil 9. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>B. lactis</i> BB12 Sayılarındaki Değişim	54
Şekil 10. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. gasseri</i> Sayılarındaki Değişim	56
Şekil 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. reuteri</i> Sayılarındaki Değişim	59
Şekil 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. rhamnosus</i> Sayılarındaki Değişim	61
Şekil 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> Sayılarındaki Değişim	63

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. Tatlı ve Ekşi Peynir Altı Suyunun Bileşenleri	4
Tablo 2. Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Temel Biyolojik Aktiviteleri	9
Tablo 3. Probiyotik Olarak Düşünülen Mikroorganizmalar	11
Tablo 4. <i>Propionibacterium</i> 'ların Farklı Türleri ve Bunların Filogenetik Bölümleri	18
Tablo 5. Gıdalarda Kullanılan Başlıca Prebiyotikler	20
Tablo 6. Demineralize Peynir Altı Suyu Tozlarının Kimyasal Kompozisyonu	25
Tablo 7. Fermente İçecek Üretiminde Kullanılan Starter Kültürler ve Kısaltmaları	
Tablo 8. Peynir Altı Suyu Ve Fermente İçekte Yapılan Analizler	28
Tablo 9. Peynir Altı Suyu Bileşenleri	39
Tablo 10. Fermente Peynir Altı Suyu Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları	41
Tablo 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceğinin pH Analizi Sonuçları	42
Tablo 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları	44
Tablo 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi L* Değeri Sonuçları	46
Tablo 14. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi a* Değeri Sonuçları	48
Tablo 15. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi b* Değeri Sonuçları	50
Tablo 16. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Viskozite Analiz Sonuçları	51
Tablo 17. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>B.lactis</i> BB12 Sayısı	53
Tablo 18. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. gasseri</i> Sayılarındaki Değişim	55
Tablo 19. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. reuteri</i> Sayılarındaki Değişim	57
Tablo 20. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>L. rhamnosus</i> Sayılarındaki Değişim	59
Tablo 21. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince <i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> . Sayıları	63
Tablo 22. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Tat-Aroma Analizi Sonuçları	65
Tablo 23. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Koku Analizi Sonuçları	66
Tablo 24. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Kıvam Analizi Sonuçları	66
Tablo 25. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Genel Görüş Analizi Sonuçları	67

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1. <i>L. gasseri</i> 'nin Gastrointestinal Sistemde Bulunduğu Sayıları	16
Resim 2. Laktozun İzomerizasyonu Sonucu Laktulozun Oluşumu	22
Resim 3. Fermente Peynir Altı Suyu İçecek Ürünleri	27
Resim 4. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin pH Analizi	28
Resim 5. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Titrasyon Asitliği Analizi	29
Resim 6. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Kül Analizi	30
Resim 7. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Protein Analizi	31
Resim 8. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Renk Analizi	31
Resim 9. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Viskozite Analizi	32
Resim 10. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Mikrobiyolojik Analizi	33
Resim 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin <i>L. rhamnosus</i> Petri Görüntüsü	33
Resim 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin <i>L. gasseri</i> Petri Görüntüsü	34
Resim 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin <i>L. reuteri</i> Petri Görüntüsü	35
Resim 14. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin <i>B. lactis</i> BB12 Petri Görüntüsü	35
Resim 15. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin <i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> Petri Görüntüsü	36
Resim 16. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Küf-Maya Petri Görüntüsü	37
Resim 17. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Duyusal Analizi	37

İÇİNDEKİLER

TAHHÜTNAME	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLOLAR DİZİNİ	X
RESİMLER DİZİNİ	XI
İÇİNDEKİLER	XII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Peynir Altı Suyu	4
2.1.1. Peynir Altı Suyu Bileşimi ve Özellikleri	4
2.1.2. Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi	6
2.1.3. Peynir Altı Suyunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi	8
2.2. Probiyotikler	10
2.2.1. <i>Bifidobacterium animalis ssp. lactis</i> BB12	13
2.2.2. <i>Lactaseibacillus rhamnosus</i>	14
2.2.3. <i>Lactaseibacillus gasseri</i>	15
2.2.4. <i>Lactaseibacillus reuteri</i>	16
2.2.5. <i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	18
2.3. Prebiyotikler	19
2.3.1. Laktuloz	21

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal	26
3.1.1. Peynir Altı Suyu Tozu	26
3.1.2. Starter Kültürler	26
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Üretimi	26
3.2.2. Peynir Altı Suyunda Yapılan Analizler	27
3.2.2.1. pH tayini	28
3.2.2.2. Titrasyon Asitliği Tayini	29
3.2.2.3. Kuru Madde Tayini	29

3.2.2.4. Protein Tayini	30
3.2.2.5. Kül Tayini	30
3.2.2.6. Karbonhidrat Tayini	30
3.2.3. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinde Yapılan Analizler	30
3.2.3.1. pH tayini	30
3.2.3.2. Titrasyon Asitliği Tayini	31
3.2.3.3. Kuru Madde Tayini	31
3.2.3.4. Kül Tayini	31
3.2.3.5. Protein Tayini	32
3.2.3.6. Karbonhidrat Tayini	32
3.2.3.7. Renk Ölçümü	33
3.2.3.8. Viskozite	33
3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler	34
3.2.4.1. Dilüsyon Sıvılarının Hazırlanması	34
3.2.4.2. <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> sayımı	35
3.2.4.3. <i>Lactocaseibacillus gasseri</i> sayımı	35
3.2.4.4. <i>Lactocaseibacillus reuteri</i> sayımı	36
3.2.4.5. <i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i> BB12 sayımı	37
3.2.4.6. <i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> sayımı	37
3.2.4.7. Maya – Küf Sayımı	38
3.2.5. Duyusal Analizler	38
3.2.6. İstatiksel Analiz	39

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Peynir Altı Suyunda Yapılan Analizler	40
4.2. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinde Yapılan Analizler	42
4.2.1. Fiziksel- Kimyasal Analizler	42
4.2.2. pH Değerleri	43
4.2.3. Titrasyon Asitliği	45
4.2.4. Renk Analizi	47
4.2.5. Viskozite	52
4.2.6. Mikroorganizma Sayımı	

4.2.6.1. <i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i> BB12 Sayımı	55
4.2.6.2. <i>Lacticaseibacillus gasseri</i> Sayımı	56
4.2.6.3. <i>Lacticaseibacillus reuteri</i> Sayımı	58
4.2.6.4. <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> Sayımı	60
4.2.6.5. <i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i> Sayımı	62
4.2.6.6. maya- küf sayısı	64
4.3. Duyusal Özellikler	65
4.3.1. Tat-Aroma Özellikleri	65
4.3.2. Koku Özellikleri	66
4.3.3. Kıvam Özellikleri	66
4.3.4. Genel Görüş Özellikleri	67
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
SONUÇ VE ÖNERİLER	
Sonuç ve Öneriler	68
KAYNAKÇA	71
EK	84

1.GİRİŞ

Gıda endüstrisinde sağlık ve beslenme özellikleri açısından zenginleştirilmiş, tüketiciler tarafından sevilerek tercih edilen inovatif ürünler geliştirilmekte ve bu konuda çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır [1,2,3]. Küresel çapta, hızla artan dünya nüfusu, beraberinde getirdiği zorluklarla, özellikle küresel ısınma, yoksulluk ve açlık gibi faktörlerle stres ve risk altında bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler, 2015 yılında belirlenen 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi ve bunlara yönelik 169 alt hedef içeren Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ile bu sorunları ele almıştır. 2030 gündeminin odak noktası, sosyal, ekonomik ve çevresel açılardan sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve açlık ile yoksulluğu sonlandırmaktır. Sürdürülebilirliğin, küresel büyümenin önemli bir anahtarı olduğu açıktır; bu nedenle sürdürülebilir gıda üretimi, büyük bir stratejik öneme sahiptir [4].

Fermente süt ürünleri, peynir, balık, baklagiller, sebzeler, alkollü ve alkolsüz içecekler büyük oranlarda üretilmekte ve tüketilmektedir. Fonksiyonel gıda grubunda süt ve süt ürünlerinin payı büyüktür. Bu kapsamda, 400'den fazla farklı ticari ve geleneksel ürün çeşidi bulunmaktadır [5]. Peynir üretim prosesinin önemli bir yan ürünü olan peynir altı suyu genellikle ya atık olarak bertaraf edilmekte ya da hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Ancak peynir altı suyunun ilk olarak sahip olduğu zengin besin değerinden ve yüksek ekonomik değerinden dolayı hem kendisi hem de peynir altı suyu içeren gıdalar bu yeni ürünler arasında kendine önemli bir yer edinmiştir [2]. Aynı zamanda gıda endüstrisinde değerli ürünlere dönüştürülmesi peynir altı suyunun sürdürülebilirliğinin ana stratejilerden biri haline gelmiştir [6].

Fonksiyonel gıdaların önemli ve hızla büyüyen kategorilerinin başında probiyotik içeren gıdalar bulunmaktadır. Probiyotikler yeterli miktarda tüketildiğinde konakçıya sağlık yararları sağlayan canlı mikroorganizmalardır [7]. Probiyotik gıdalar, antimikrobiyal aktivite, hipokolesterolemik aktivite, gastrointestinal denge ve antikanserojen aktivite gibi terapötik özelliklere sahip mikroorganizmalar içeren gıdalar olarak tanımlanmaktadır [8].

Peynir altı suyundaki yüksek laktoz seviyesi, bu yan ürünün kolayca fermente edilmesini ve atık bir üründen katma değerli bir içeceğe dönüştürülmesini sağlamaktadır [9]. Laktik asit bakterilerinin bazı suşları probiyotik özelliklerinden

dolayı gıda endüstrisi tarafından yaygın olarak tercih edilebilmektedir. Peynir altı suyu, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* ve *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB12 gibi farklı suşlarla fermente edilebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda yoğurt kültürü ve *Streptococcus thermophilus* – *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB12 gibi kombine kültürler ile fermantasyonların en iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [10].

Propionibacterium cinsine ait bakteriler, propiyonik asit, B₁₂ vitamini, bakteriyosinler, trehaloz gibi önemli metabolitleri sentezleyebilme kapasitesine sahiptir. Özellikle *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalar arasında yer almaktadır [11]. Fonksiyonel peynir altı suyu içecekleri ile ilgili yapılan çalışmalarda son dönemlerde etkin bir probiyotik bakteri olduğu keşfedilen *propionibacterlerin* de kullanılabileceği gözlemlenmiştir. *P. freudenreichii* bağırsak mikroflorasını düzenlenmekte, *Bifidobacterium* bakterilerinin büyümesini uyarmakta ve bakteriyosinler üreterek organizmayı patojenik mikroorganizmaların büyümesine karşı korumaktadır. *Propionibacterium* ssp., sindirim sistemindeki mikotoksinleri temizleme yeteneğine sahiptir. Bağışıklık sistemini uyarırlar ve dışkı enzimlerinin mutajenik etkilerini azaltırlar, ayrıca trehaloz, B₁₂, H vitaminleri ve folik asit üretirler [12,13]. Propiyonik bakterilerle yapılmış peynir altı suyu fermantasyon çalışmaları oldukça eskiye dayanmaktadır. Yapılan bir çalışmada, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* probiyotik suşu kullanılarak peynir altı suyu fermantasyon süreci gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda 37°C sıcaklıkta *Propionibacterium* bakterilerinin fermantasyon için en uygun seçenek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca patojen mikroorganizmaları da baskıladığı gözlemlenmiştir [14].

Prebiyotikler, kalın bağırsakta patojen bakteri sayısını sınırlayan, aynı zamanda probiyotik bakterilerin büyümesini destekleyen sindirilemeyen karbonhidratlar olarak tanımlanır [15,16,17]. Gıda endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan prebiyotikler fruktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler, transgalaktooligosakkaritler, ksilooligosakkarit, gentioz, laktuloz, laktosukroz, inülin, izomaltooligosakkaritler ve soya fasulyesi oligosakkaritlerdir [18]. Laktuloz, ilk kez 1930 yılında Montgomery ve Hudson tarafından kimyasal bir reaksiyon sonucu elde edilen yarı sentetik bir disakkarittir [19]. Günümüzde yeni fonksiyonel gıdaların

geliştirilmesi için mükemmel bir seçenek olarak öne çıkmakta ve bilimsel olarak test edilmiş fonksiyonel özellikler ve uygulamalar sunmaktadır. Süt ve süt ürünlerinde mikroorganizmaların gelişmesini teşvik ettiği için tercih edilmektedir.

Peynir altı suyu çok değerli bir yan üründür. Bu değerli yan ürün, sağlık açısından yararları çok kez kanıtlanmış probiyotik ve prebiyotiklerle desteklenerek inovatif fonksiyonel bir gıdaya dönüşebilmektedir. Bu çalışma kapsamında demineralize edilmiş peynir altı suyunun prebiyotik amaçlı laktuloz katkılı ve *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus reuteri*, *Lactocaseibacillus gasseri*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB12 ve *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* probiyotik kültürleri ile fermantasyonu ile fonksiyonel fermente peynir altı suyu üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen fermente peynir altı suyu içeceğinin depolama günleri boyunca kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyu analizleri yapılarak sonuçları istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Değerli bir atık olan peynir altı suyunun fermantasyonu sonucunda geliştirilen yenilikçi fonksiyonel fermente içeceğin raf ömrü özelliklerinin belirlenerek endüstride kullanım olanağının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Peynir Altı Suyu

2.1.1. Peynir Altı Suyu Bileşimi ve Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine göre peynir altı suyu; pıhtı kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan yeşilimsi sarı renkteki sıvı olarak tanımlanmaktadır [20]. Peynir altı suyu, peynir prosesinin ana yan ürünüdür ve zengin kuru madde içeriği ile insan sağlığı ve beslenmesi açısından biyolojik değeri yüksek bir atıktır. Peynir altı suyunun gıda ürünlerinde kullanımı, besin değeri zengin gıdaların üretilmesi açısından inovatif, ayrıca atık su arıtma maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlaması ve yanlış bertaraf edilmesinden kaynaklı çevresel zararın azaltılması yönünden büyük ekonomik ve ekolojik değere sahiptir [1].

Peynir altı suyunun bileşimi sütün kaynağına, üretilen peynir türlerine (peynir mayası veya asit pıhtılaşması) ve genel olarak süt bileşimini etkileyen hayvanın cinsi, mevsimsel döngüler, yem ve laktasyon gibi faktörlere bağlıdır. Peynir altı suyu tatlı ve ekşi peynir altı suyu şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Enzim kullanılarak pıhtılaştırma yapılırsa tatlı peynir altı suyu (min pH 6.3), asit kullanılarak pıhtılaştırma yapılırsa ekşi peynir altı suyu (pH 4.6) olarak sınıflandırmak mümkündür [2].

Tablo 1. Tatlı ve Ekşi Peynir Altı Suyunun Bileşenleri [2]

Bileşenler	Ekşi Peynir Altı Suyu(g/L)	Tatlı Peynir Altı Suyu(g/L)
Toplam katı madde	63.0-70.0	63.0-70.0
Laktoz	44.0-46.0	46.0-52.0
Protein	6.0-8.0	6.0-10.0
Yağ	0.4	5.0
Laktat	6.4	2.0
Kül	8.0	5.0
Kalsiyum	1.2-1.6	0.4-0.6
Fosfor	2.0-4.5	1.0-3.0
Klorür	1.1	1.1

Peynir altı suyu, farklı miktarlarda laktoz, serum proteinleri (albümin, globülin), vitaminler, mineraller (kalsiyum, fosfor, magnezyum, çinko vs.), P_2O_5 ve

K₂O ihtiva etmektedir [21]. Bu bileşenlerin teknolojik olarak en önemlisi peynir altı suyu proteinleridir. Peynir altı suyunun sahip olduğu bu proteinler çok dallı zengin amino asitlerden oluşan globüler proteinlerdir. Peynir altı suyu proteinlerinin ana bileşenleri β -laktoglobulindir (β -Lg) (%50), ve bunu sırasıyla α -laktalbumin (α -La) (%20), immunoglobulinler (Ig) (%10), sığır serum albumini (BSA) (%10), laktoferrin (LF) (%0,3) ve laktoperoksidaz (LP) (%0,3) gibi proteinler takip etmektedir [22]. Peynir altı suyu proteinleri arasında en yüksek orana sahip olan β -Laktoglobulin (β -Lg), glutasyon sentezlenmesinde büyük önem taşımakta, yağ asidi ve lipid bağlayıcı olarak görev yapmakta, yapısındaki sistein amino asidi sayesinde kas gelişiminde görev almaktadır [23,24]. α -Laktalbumin (α -La), peynir altı suyunda en fazla bulunan diğer bir proteindir. Bu protein yeni doğanlar için enerji kaynağı olarak kullanılmakta ve laktozun biyosentezi için bir ko-enzim görevi görmektedir. Anne sütündeki temel proteine yapı ve kompozisyon açısından benzerlik gösterdiği için bebek mamaların üretiminde saf α -laktalbumin kullanılmaktadır [25]. Sığır serum albumini (BSA), kan akışı ile süte geçerek serbest yağ asitlerini ve lipitleri bağlayabilme özelliğine sahiptir [23]. İmmunoglobulinler (Ig), peynir altı suyunda yer alan proteinlerin en küçük fraksiyonudur. IgG1, IgG2, IgA ve IgM gibi çeşitleri bulunmaktadır ve minör bileşenler olarak adlandırılan PAS proteinlerinin bu grubu, bebekler için pasif bağışıklığı sağlamakta iken yetişkinlerde bağışıklık sistemini desteklemektedir [26].

Laktoz ise peynir altı suyu kuru maddesinin ana bileşenidir (yaklaşık %70) ve çok önemli bir enerji kaynağıdır. Laktozun bazı yararlı etkileri gastrointestinal sistemde peristaltik hareketlerin stimülasyonu, bağırsakta patojenlerin büyümesini ve gelişmesini önleyerek hafif asit reaksiyonun oluşması şeklinde sıralanabilir [2]. Peynir altı suyunda riboflavin, folik asit ve kobalamin, peynir altı suyu proteinlerine bağlı durumda ve önemli miktarda bulunmaktadır. Peynir altı suyu sütte bulunduğundan daha yüksek miktarda riboflavin içermektedir. Buna sebep olarak, peynir üretimi prosesinde kullanılan bazı laktik asit bakterilerinin aktiviteleri nedeniyle riboflavin içeriğinde artış meydana gelebildiği gösterilmektedir. Oldukça yüksek riboflavin içeriğinden dolayı, peynir altı suyu karakteristik sarı-yeşil renge sahiptir [21].

2.1.2. Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi

Türkiye’de yılda yaklaşık 21,5 milyon ton çiğ süt üretilmektedir [27]. Üretilen bu sütün yaklaşık %20’sinin peynir prosesinde kullanıldığı kabul edildiğinde,

Türkiye’de yılda yaklaşık 4,3 milyon ton sütün peynire işlendiği sonucu elde edilmektedir. Normalde peynire işlenen sütün yaklaşık %80’i peynir altı suyu olarak ayrıldığı kabul edilir ve yine yılda yaklaşık 3,44 milyon ton olarak ortaya çıkan peynir altı suyu büyük ölçüde atık olarak kalmaktadır. Bu değerli atığın direkt olarak çevreye deşarj edilmesi yasak olduğu ve ayrıca pek çok yönden değerli bir atık olduğu için geliştirilen teknolojilerle ekonomiye kazandırılması sağlanmıştır. Peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik geleneksel çözümler arasında, peynir altı suyu tozu (WP), peynir altı suyu protein konsantreleri (WPC), peynir altı suyu protein izolatları (WPI) ve toz laktoz gibi suyu alınmış peynir altı suyu ürünleri bulunmaktadır. Gelişen teknolojiyle ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon, ters osmoz, iyon değişimi, kurutma veya konsantre etme gibi tekniklerle peynir altı suyu bileşenlerinin her birinin tek tek izole edilmesi gibi farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. İzole edilmiş peynir altı suyu proteinleri, gıda sistemlerinde emülgatör, jelleştirici ajan, su bağlayıcı ve köpürtücü/çırpıcı ajan olarak kullanımına olanak sağlayan fiziksel-kimyasal ve besleyici özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde kendisine alan bulmaktadır. Çorbalar, salata sosları, işlenmiş et, süt ve unlu mamuller ve ricotta, lor gibi peynir altı suyu peynirleri, spesifik peynir altı suyu ürünleri, ayrıca fermente peynir altı suyu içecekleri gibi birçok farklı gıdada kullanılmaktadır [3,28,29].

Peynir altı suyu ve tozu ekmek ve fırın ürünlerinde besin değerini yükselten bir katkı maddesi olarak kullanılabilir. Fakat fazla miktarda kullanıldığında, yüksek oranda laktoz içeriği ve mineral madde bulundurması nedeniyle maya aktivitesini olumsuz anlamda etkileyerek daha düşük hacimli ve tekstürel özellikleri zayıf bir ekmek elde edilmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, peynir altı suyunun %2 oranında ekmek üretiminde kullanımının, ekmeğin besin değerine katkı sağladığı ve kalitatif özelliklerini geliştirdiği gözlemlenmiştir [30].

Peynir altı suyu proteini kısmen et proteininin yerini alabilmekte ve soya proteini ve diğer bağlayıcı maddeler, lifler, modifiye nişasta ve hidrokolloidlerin yerine kullanılabilir [31]. Özellikle, şarküteri ürünlerinin örneğin; sosis, salam, mortadella ve surimi gibi ürünlerin üretiminde de önemli bir katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Peynir altı suyu ve ürünleri margarin üretimden, maya ve sirke üretiminde, limon asidi, B₁₂ vitamini elde edilmesinde, laktoz, etil alkol ve biyogaz

retiminde, poliüretan köpük yapımında, tek hücre proteini ve tarımsal ilaçların üretiminde, boyalar ve çeşitli kimyasalların üretiminde, sentetik deterjanlar, temizleme ajanlarının üretimi ve kozmetik sanayiinde kullanılabilmektedir [21].

Peynir altı suyu içecek sektöründe kullanılmaya 1970'lerde başlamıştır ve bilenen en eski peynir altı suyu içeceklerinden biri İsviçre'de üretilen Rivella'dır [25]. Günümüzde de yaygın olarak tatlı peynir altı suyu kullanılırken ürünlerin iilebilirliğini geliştirmek amacıyla çeşitli meyve suları, konsantreleri, pulpları, nektarları veya şurupları ilave edildiği çalışmalar yapılmaktadır [32,33,34,35]. Bu çalışmalarda en çok turunçgil meyveleri tercih edilmiştir, devamında muz, mango, papaya gibi tropik meyveler ve elma, vişne, kavun, kayısı gibi meyveler ve zms meyveler gelmiştir. Çünkü bu içeceklerin beğenilmeyen pişmiş süt aroması ve taze peynir altı suyunun tuzlu-ekşi aromasının maskelenmesi acısından çok faydalı olduğu kanıtlanmıştır [36].

Araştırmacılar ürünün asitliğini düzenlemek için en çok sitrik asidin tercih edildiğini tespit etmiştir [25]. Bazı araştırmacılar ürünü tatlandırmak için fruktoz veya enzimatik hidrolize laktoz tercih ederken, bazıları ise doğal ve yapay tatlandırıcı kullandığını belirtmiştir [37]. Aynı zamanda elma, armut, şeftali, kayısı ve kiraz gibi birçok meyve konsantresi de kullanılmıştır. İyi bir demir ve antioksidan kaynağı olarak bilinen meyvelerin eklenmesinin çok faydalı olduğu kanıtlanmıştır.

Nedanovska ve ark. (2022), yapmış olduğu çalışmada peynir altı suyu ve mango, ananas, tropik meyve aromalı içecekler şeker, extra şeker ve stevia ile tatlandırılarak 15 gün boyunca fiziksel, kimyasal, duysal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. rnler arasında fizikokimyasal ve mikrobiyolojik olarak önemli bir fark görülmezken duysal testlerde en çok tercih edilen stevia zl ve tropik meyve aromalı ürün tercih edilmiştir. Sonuç olarak peynir altı suyu içeceklerin fonksiyonel olarak geliştirilip kalite özelliklerinin iyileştirilebileceği kanıtlanmıştır [38].

Peynir altı suyuna; meyvelerin yanı sıra kakao, vanilya gibi tatlandırıcılar, pirinç, yulaf ve arpa gibi tahıllar, bal vb. eklendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Özellikle tahılların eklenmesi sonucunda, alerjik insanlar ve çocuklar için hipoalerjenik proteinlerle güçlendirilmiş özellikte içeceklerin üretilmesi sağlanmaktadır. Hipoalerjenik bir içecek hazırlamak için patates izolatları veya soya proteinleri gibi diğer bitkisel protein kaynaklarının yanında şeker veya diğer

tatlandırıcılar yerine balın eklenmesinden de yararlanılabilir. Sonuç olarak hipoalerjenik proteinlerle güçlendirilmiş ve bazı vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar gibi besin maddesi ile zengin içecekler üretilmesi sağlanabilir [39].

Peynir altı suyu yüksek laktoz oranına (%70) sahip olduğu için alkollü içecek üretimi içinde uygun özelliktedir. Genel olarak düşük alkollü içeceklerin ($\leq$ % 1.5) üretimi yapılırken laktozu fermente eden *Kluyveromyces marxianus* mayasının fermentasyonu ile yüksek oranda alkol konsantrasyonuna sahip içecek üretebildiği tespit edilmiştir. Peynir altı suyu kullanılarak üretilen peynir altı suyu birası, şarabı ve likörünün üretimi uluslararası pazarda tüketime sunulmuştur [40].

2.1.3. Peynir Altı Suyunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Peynir altı suyu ve peynir altı suyundan elde edilen proteinlerin besinsel ve biyolojik özelliklerinin gelişen teknoloji ile daha iyi anlaşılması sağlanmış ve bu ürünlerin insan sağlığının korunması ve hastalıkların iyileştirilmesinde kullanılabileceği görülmüştür. Peynir altı suyu proteinleri oldukça önemli bir biyolojik değere sahiptir. Lisin ve lösin aminoasitleri bakımından oldukça zengin olan ve önemli miktarda metionin ve sistin aminoasitlerine sahip olan kıymetli bir proteindir. Sistein konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı glutatyon üretimini arttıran tek protein peynir altı suyu proteindir. Glutatyon, vücudun antioksidan ve bağışıklık savunma sistemlerinin en önemli maddesidir [41,42].

Peynir altı suyu proteini, sahip olduğu yüksek besin değerine ek olarak, bağışıklığı güçlendirme, gastrointestinal hormon salgılanmasını tetikleme, antimikrobiyal ve antiviral aktivite, tokluk tepkisi ve yüksek esansiyel aminoasit içeriğine (45-55 gr/ her 100 gr) ve çok az miktarda yağ, karbonhidrat ve laktoza sahip olması, aynı zamanda dallı zincirli aminoasitler, özellikle lösin kas protein sentezinin başlamasında anahtar bir rol oynamaktadır, bu yüzden kas anabolizması gibi diğer metabolik fonksiyonlar bakımından da sağlık üzerinde önemli etkiler göstermektedir [43]. Peynir altı suyu proteinlerinin temel biyolojik aktiviteleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Temel Biyolojik Aktiviteleri [42]

Protein	Biyolojik Aktivite
Peynir Altı Suyu Proteini	Kanserin önlenmesi (örn., meme ve bağırsak kanseri, glutathion düzeyinin artırılması, tümör hücresinde zayıflama, HIV tedavisi, antimikrobiyal aktivite, doyumluk cevabının artması, plazma amino asitlerinde artış, kolesistokin ve glukagon benzeri peptid miktarında artış)
β -Laktoglobulin	Retinol, palmitat, D vitamini, kolesterol, yağ asitleri ve trigliseritlerin taşıyıcısı, mideden geçiş sırasında dayanıklılık göstermesi, pasif bağışıklık gelişimi ve transferi, meme bezi metabolizmasının düzenlenmesi, antikanserojenik ve immünomodülatör aktivitesi
α -Laktalbumin	Antikanserojenik aktivite, laktoz sentezi, kronik stres kaynaklı hastalıkların tedavisi
Sığır Serum Albumini	Lipitlerin sentezi, antimitojenik aktivite, antioksidan aktivite, antikanserojenik aktivite
İmmüoglobulinler	İmmünomodülatör aktivite, büyüme ve gelişme, pasif bağışıklık yoluyla hastalıklardan korunma, antibakteriyel aktivite, antifungal aktivite, opioid etkinliği, HIV tedavisi
Laktoferrin	Antimikrobiyal etkinlik, antifungal aktivite, antiviral aktivite, antitrombotik aktivite, immünomodülatör aktivite, antiproliferatif aktivite
Laktoperoksidaz	Antimikrobiyal aktivite, antifungal aktivite, immünomodülatör aktivite

Sütte bulunan ve suda çözünen vitaminler, peynir altı suyuna geçmektedir. Riboflavin (B₂), folik asit ve siyanokobalamin (B₁₂), peynir altı suyunda önemli miktarlarda bulunan vitaminlerdir. Peynir altı suyu sütte yer aldığından daha yüksek miktarda riboflavin içermektedir. Bundan dolayı, karakteristik yeşilimsi sarı renge sahiptir [2].

Son yıllarda, peynir altı suyu içeceklerinin üretiminde probiyotik bakterilerden yararlanma olanakları üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Hem probiyotik bakterilerin hem de nutrasötik bileşenlerin fermente peynir altı suyu içeceği

üretim prosesinde kullanımı terapatik/fonksiyonel potansiyeli artıracağından sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratacağı açıktır [44].

Rosa ve ark. (2020), gerçekleştirdiği çalışmada probiyotik peynir altı suyu içeceklerinin insan prostat kanser hücre dizilimdeki etkilerini gözlemlemişlerdir. Çalışmada 5 farklı peynir altı suyu üretimi yapılmış; geleneksel peynir altı suyu (probiyotik suş eklenmemiş), *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* ve *B. Lactis* BB12 içeren peynir altı suyu içecekleri üretilmiştir. Sonuç olarak tüm numunelerin, kanser hücre hattına karşı sitotoksik aktiviteler sergiledikleri gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra bütün probiyotik suşlar kanser hücrelerin geniş apoz (hücre ölümü) indüksiyonuna neden olduğu tespit edilmiştir [45].

Suchkova ve ark. (2014), gerçekleştirdiği çalışmada peynir altı suyunun yüksek biyolojik değeri nedeniyle, organizmada beyin, sinir ve sinir sisteminin normal işleyişini sağlayan çeşitli biyokatalitik reaksiyonlara katılan B₁₂ vitamini gibi karmaşık yüksek moleküler maddelerin doğrudan mikrobiyolojik sentezi tekniklerinde besin ortamı olarak kullanılması amaçlanmıştır. Bu çalışma içinde B₁₂ üreticisi olarak peynir altı suyundaki laktozu karbon kaynağı olarak kullanabilen ve doğrudan peynir altı suyunda gelişim gösterebilen *Propionibacterium shermanii* suşu tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ise propiyonik bakterilerin peynir altı suyuna dayalı ve B₁₂ vitamini ile zenginleştirilmiş fermente gıda ürünlerinin imalatının yoğunlaştırılması için kullanılabileceğini göstermiştir [46].

2.2. Probiyotikler

Yunanca “yaşam için” anlamına gelen probiyotik kelimesi günümüzde, sindirim sistemi mikroflorasını geliştirerek konakçının sağlığı üzerine yararlı etkiler meydana getiren canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır [47]. Bir probiyotiğin insan sağlığına fayda sağlayabilmesi için birkaç kriteri karşılaması gerekir. Bu kriterler, probiyotik mikroorganizma canlılığını ve işlevselliğini kaybetmeden ve hoş olmayan tatlar, dokular yaratmadan gıda ürünlerine dahil edilebilmesi için iyi teknolojik özelliklere sahip olmalıdır. Aynı zamanda üst gastrointestinal (GI) yol boyunca hayatta kalmalı ve etki alanına canlı olarak ulaşmalıdır ve bağırsak ortamında çalışabilmelidir[48]. Probiyotik özelliğe sahip laktik asit bakterileri genellikle *L. casei*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* olarak

bilinir. Gıdaların üretiminde veya insan ve hayvanların sağlığını iyileştirmek için gıda katkısı olarak tercih edilen probiyotikler Tablo 3'te verilmiştir [49].

Tablo 3. Probiyotik Olarak Düşülen Mikroorganizmalar [48]

<i>Lactobacillus</i> sp.	<i>Bifidobacterium</i> sp.	Diğer laktik asit bakterileri	Laktik asit bakterisi olmayan diğer bakteriler
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>Toyot</i>
<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Escherichia coli</i> <i>Nissle</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconosioc mesenteroides</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Saccharomyces boulardii</i>
<i>L. ssp. Bulgaricus</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i>	
<i>L. gasseri</i>			
<i>L. johnsonii</i>			
<i>L. paracasei</i>			
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

Ağız yoluyla alınan *laktobacillerin* ve *bifidobacterium* suşlarının vücutta düzenleyici etkileri artırdığı üzerine yapılan çalışmalar ile probiyotiklerin fonksiyonel etkileri ispat edilebilmektedir. Probiyotik bakterilerin, sindirim sistemi tedavilerinde çeşitli beslenme ve düzenleyici etkileri ile, hastalıklara karşı teröpatik etki gösterdiği bilinmektedir. Probiyotiklerin çeşitli fonksiyonları aşağıda sıralanmıştır:

- ✓ **Antimikrobiyal etki:** Sindirim sisteminde bulunan probiyotik bakterilerin ürettiği asetik ve laktik asit, pH düzeyinin azalmasına neden olarak, patojen bakteriler üzerinde bakterisidal veya bakteriyostatik etki gösterirler. Probiyotik bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler, Gram-pozitif bakteriler arasında *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens*'e karşı etkili olurken, Gram-negatif bakterilerden olan *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli*'ye karşı daha yüksek bir koruma sağlamaktadır. Organik

asitlerle birlikte bulunan hidrojen peroksit, bakterilere karşı laktik asit veya H_2O_2 'den izole edilmiş olarak kullanıldığında daha etkili bir antimikrobiyal etki göstermektedir [50].

- ✓ **Antimutajenik etki:** Probiyotik *Laktobacil* ve *Bifidobacterium* suşlarının, fekal mikrobiyal enzimler arasında bulunan β -glukosidaz, nitroredüktaz ve üreaz gibi mutajen ve kanserojen etkilere sahip enzimlerin miktarını azalttığı bilimsel raporlarda gösterilmiştir [51].
- ✓ **Laktoz metabolizmasında gelişme:** Laktoz intoleransı, dünya nüfusunun %70'inde bağırsakta β -galaktosidaz aktivitesinin yetersizliğinden kaynaklanan bir problemdir [42]. İki monosakkarit, glikoz ve galaktozdan meydana gelen laktoz, sütün temel karbonhidratıdır ve kolayca metabolize edilemez. Laktoz, β -D-galaktosidaz enzimi tarafından monosakkaritlere dönüştürüldüğünden, bu enzimin eksikliğinde laktoz parçalanamaz ve metabolize edilemez. Fermente olamayan süt ve süt ürünlerinin tüketimi sonrasında, laktozun etkili bir şekilde metabolize edilememesi sindirim bozukluklarına neden olmaktadır. Probiyotikler, laktozun metabolize edilememesine bağlı semptomları azaltmada etkili olmaktadır [50].
- ✓ **Serum kolesterolünün düşürülmesi:** Çeşitli araştırmalar, kültürlü ve fermente edilmiş süt ürünlerinin tüketiminin serum kolesterol düzeyinin azaltılmasına yardımcı olduğunu belirtmektedir. Hiperkolesterolemisi olan bireylerin, 10^9 kob/g oranında probiyotik bakteri bulunduran fermente süt ürünleri ile beslenmeleri sonucunda, kolesterol düzeylerinin 3.0 g/L'den 1.5 g/L'ye düştüğü rapor edilmiştir [16].
- ✓ **Bağışıklık sisteminin geliştirilmesi:** Probiyotikler, laktoz intoleransı, antijen etkinin engellenmesi, bağışıklığı koruma, kolon kanserini önleme, patojenlere karşı direnç gösterme, *Helicobacter pylori*'nin sebep olduğu enfeksiyonlar, kalp hastalıkları ve hipertansiyonu önleyici etkileri ile bağışıklığı desteklemektedir [52,53].

2.2.1. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12

Bifidobacterium, laktik asit üreten, Gram pozitif, spor oluşturmayan, hareketsiz, anaerobik bakterilerin bir cinsidir. *Bifidobacterium*'lar ilk olarak 1899'da emzirilen bir bebeğin dışkıсында keşfedilmiş ve izole edilmiştir. Bu bakteriler, insan bağırsak sisteminde yerli mikrobiyotanın ortak bileşenleri içinde bulunur [54].

B. lactis BB12, katalaz negatif, çubuk şeklinde bir bakteridir. 1983 yılında Chr. Hansen'in hücre kültürü bankasında saklanmıştır. Modern moleküler sınıflandırma teknikleri, *B. lactis* BB12'yi *Bifidobacterium animalis* ve daha sonra yeni bir tür olan *Bifidobacterium lactis* olarak yeniden sınıflandırılmıştır. *B. lactis* BB12, Hansen'in süt ürünleri koleksiyonundan gelmektedir. Chr. Hansen tarafından probiyotik süt ürünleri üretimi için özel olarak seçilmiş bir türdür. *B. lactis* BB12 dünya çapında bebek formüllerinde, diyet takviyelerinde ve fermente süt ürünlerinde kullanılmaktadır. Bu suş, fermantasyon aktivitesi, yüksek hava toleransı, iyi stabilite ve yüksek asit ve safra toleransı ve ayrıca diyet takviyelerinde dondurularak kurutulmuş ürünler için teknolojik olarak çok uygundur. Ayrıca *B. lactis* BB12, gıdanın tadı, görünümü veya ağızda bıraktığı his üzerinde negatif bir etkiye sahip değildir ve probiyotik gıdada tüketilene kadar canlılığını sürdürebilmektedir [55]. *B. lactis* BB12'nin çok sayıda faydası, birçok bağımsız klinik çalışmada belgelenmiştir; bu faydalar, gastrointestinal sağlığın geliştirilmesine, gebelik sırasında glikoz toleransının iyileştirilmesine ve tip 2 diyabetli hastalarda kötü kolesterolün düşürülmesine yardımcı olması şeklinde özetlenebilir [56].

Skryplonek ve ark., (2019), *Lactobacillus acidophilus* LA-5 ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 kültürlerini kullanarak probiyotik peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişler ve depolama boyunca üretilen fermente içeceklerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. *B. lactis* BB12 içeren örneklerin asitliği *L. acidophilus* içeren örneklerle göre daha kararlı olduğu görülmüş ve diğer fizikokimyasal analizlerde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Yapılan çalışma sonucunda, geliştirilen peynir altı suyu içeceklerinin, probiyotik bakteriler için iyi bir gelişim ortamı sağladığını ve depolama süresince bakteri sayısının 8 log kob/ml'yi aşarak canlılıklarını koruduğu ifade edilmiştir [57].

2.2.2. *Lactocaseibacillus rhamnosus*

Lactobacillus cinsi şu anda 180'den fazla gram-pozitif, fakültatif anaerobik veya mikroaerofilik, çubuk şeklinde, spor oluşturmayan bakteri içerir ve laktik asit bakteri grubunun büyük bölümünü temsil eden çok çeşitli organizmaları kapsamaktadır. İnsanlarda, sindirim sistemi, üriner sistem ve genital sistem gibi bir dizi vücut bölgesinde mikrobiyotanın önemli bir bileşenini oluşturmaktadır [58,59].

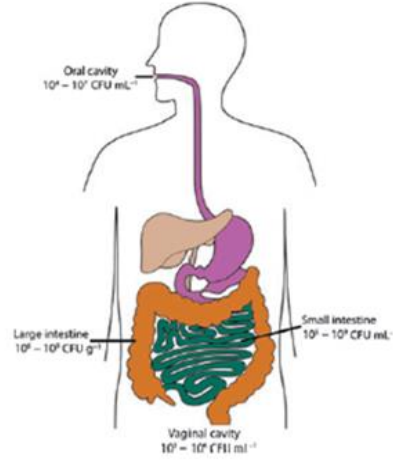
Lactocaseibacillus rhamnosus, mide asidi pH'ında ve safra içeren ortamda yaşayabilme, çoğalabilme ve enterositlere yapışabilme özelliği sayesinde *Lactobacillus* cinsine ait ilk suş olup 1989 yılında patenti alınmıştır. *Lactocaseibacillus rhamnosus* ile ilgili çok sayıda araştırma bulgusu, bu probiyotiğin insan sağlığı için kullanımına temel oluşturmaktadır. *L. rhamnosus* hem mukozayı mekanik olarak koruyabilen bir biyofilm üretebilir hem de bağırsak kriptinin hayatta kalmasını artırarak, bağırsak epitelyumunun apoptozunu azaltır ve hücre iskeleti bütünlüğünü korunması için faydalı farklı çözünebilir faktörler üretebilir. Ayrıca lektin benzeri proteinler sayesinde *Salmonella* türleri gibi bazı patojenleri inhibe eder. Bu faydalarının yanı sıra gastrointestinal enfeksiyonlar ve ishal, antibiyotik ve *Clostridium difficile* ile ilişkili ishal, irritabl bağırsak sendromu, inflamatuvar bağırsak hastalığı, solunum yolu enfeksiyonları, alerji, kardiyovasküler hastalıklar, alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı, alkolsüz steatohepatit, kistik fibroz, kanser, yaşlılar ve sporda etkinliğinin kanıtlandığı birçok çalışma bulunmaktadır [60].

Zamora ve ark. (2023), yılında yaptığı çalışmada endüstriyel potansiyele sahip *Lactocaseibacillus rhamnosus* ve Kosta Rika guava (CRG) meyve özüne dayalı bir probiyotik-prebiyotik ieçeğin geliştirilmesini amaçlamıştır. İlk olarak *L. rhamnosus* peynir altı suyunda 48 saatlik bir fermentasyona bırakılmış ve 48 saat sonunda maksimum 0.32 saat-1 büyüme hızına ulaşmıştır. Sonrasında peynir altı suyunda yetiştirilen probiyotikler, probiyotik-prebiyotik ieçeği üretmek için CRG hamuru ile karıştırılmıştır. Sonuç olarak Formüle edilmiş ieçekte LGG'nin hayatta kalma kinetiği etkilenmediği ve ieçeğin raf ömrü boyunca minimum 10^6 koloni birim (kob/ml) popülasyonla 40 günü aştığı gözlemlenmiştir [61].

2.2.3. *Lacticaseibacillus gasseri*

Lacticaseibacillus gasseri, insanlarda GİS, ağız boşluğu ve vajinayı kolonize eden, çoğalabilen, yerli bir mikroorganizmadır. *Lacticaseibacillus gasseri*, B grubu acidophilus kompleks mikroorganizması olarak sınıflandırılır ve A grubu üyelerinden genetik belirleme ve ana yüzey katmanı (S katmanı) proteinlerinin belirgin yokluğu yoluyla ayırt edilebilir [62,63]. Ağız boşluğu, GIT ve vajina dahil olmak üzere insan mukozasının kolonizasyonunda yer alan nişle ilgili fenotipler, *L. gasseri* gibi LAB tarafından sergilenir ve probiyotik aktiviteye katkıda bulunabilir veya onu güçlendirebilirler. Probiyotik kültürlerle ilişkili sağlık yararlarının suşa özgü doğası ve hatalı tanımlamayla ilişkili içsel güvenlik sorunları nedeniyle probiyotik mikroorganizmaların doğru tanımlanması esastır [64]. Başlangıçta *L. gasseri*, fenotipik ve metabolik analizlerle *L. acidophilus*'tan ayırt edilemezdi ve *L. acidophilus*'tan laktat dehidrojenazların elektroforetik karakterizasyonunda farklı alt gruplar gözlemlenene kadar ayrı bir organizma olarak sınıflandırılmamıştır [65]. *L. acidophilus* ve *L. gasseri*'yi hücre morfolojisi ve biyokimyasal yollarla ayırmanın zorluğu, bu iki türü ayırt edebilecek pratik hibridizasyon tekniklerinin geliştirilmesini gerektirmiştir [63,66]. *Lacticaseibacillus gasseri*, DNA-DNA hibridizasyon tekniklerine dayalı olarak ayrı bir organizma olarak tanımlanmıştır [67].

L. gasseri bebeklerde yaygın olarak bulunur ve GIT'in erken kolonizasyonunda yer alan baskın türlerden biridir ve yetişkinlik boyunca kalıcıdır [68]. Yerli kolonizasyona katkıda bulunan *L. gasseri*'nin nişle ilgili özellikleri arasında düşük pH'lı ortamlara tolerans, safra tuzlarına direnç ve konakçı epitelyuma yapışma yer alır. İnsanlarda *L. gasseri*, antimikrobiyal aktivitesi, bakteriyosin üretimi ve doğal ve adaptif sistemlerin immünomodülasyonu yoluyla çeşitli sağlık yararları sağlar. *L. gasseri*'nin probiyotik uygulamalarda kullanımını destekleyen genomik ve ampirik kanıtlar, vajinal homeostazın korunmasını, *Helicobacter pylori* enfeksiyonunun hafifletilmesini ve ishalin iyileştirilmesini gösteren klinik deney verileriyle doğrulanmıştır [69].



Resim 1. *Lactocaseibacillus gasseri* 'nin Gastrointestinal Sistemde Bulunduğu Sayıları [68].

Mikky ve ark. (2021) yaptığı çalışmada, içilebilir yoğurt üretimi gerçekleştirmiştir ve *Lactocaseibacillus gasseri* 'nin (*L. gasseri*) önemli probiyotiklerden biri olarak ve bakteriyosin tarafından belirli patojenik ve bozucu bakterilerin gelişmesini önleyebilmesi potansiyeli ile sağlıklı bir işleve sahip olduğunu kanıtlamayı hedeflemişlerdir. Çalışmada bakteriyosin *L. gasseri* ekstrakte edilmiş ve agar difüzyon analizi ile (*Bacillus subtilis*, *S. aureus* ve *E.coli*'ye) karşı antibakteriyel aktivitesi saptanmıştır. Elde edilen sonuçlarda, *L. gasseri* 'nin güçlü önemli inhibitör etkiyi ortaya koyduğu ve buzdolabında saklama sırasında raf ömürlerini 42 güne kadar uzatabildiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Lactocaseibacillus gasseri* ve elde edilen bakteriyosin, incelenen patojenik bakterilere karşı etkili antibakteriyel aktivite sergilemiş ve uzun raf ömrü ile güvenli gıda muhafazası için uygulanabilirliğini doğrulamıştır [70].

2.2.4. *Lactocaseibacillus reuteri*

Lactocaseibacillus reuteri, adını kariyerinin çoğunu *laktobacillus* ve *bifidobacterium* odaklanarak insan bağırsak mikrobiyotasını anlamaya çalışarak geçiren Alman mikrobiyolog Gerhard Reuter'den almıştır [71]. Laboratuvarı, bugün hala mikrobiyal ekolojide karşılaştığımız birçok soruya cevap aramaktadır. Yaptığı çalışmalarda Reuter, laktobasillerin ince bağırsakta bol miktarda bulunduğunu çocukları ve yetişkinleri içeren örnek aldıkları bireylerin çoğunun dışkısında

bulunduğunu keşfetmiştir. Ek olarak, uzun süre GI kanalın steril bölgeleri olarak kabul edilen mide ve duodenumda önemli seviyelerde laktobasil bulunduğunu tespit etmiştir. Bu bölgelerin bakteri toplulukları tarafından kolonize edildiği artık çok iyi anlaşılrsa da, bu 50 yıl önce oldukça tartışmalıydı [71].

Reuter çalışmalarında, *L. reuteri*'nin yanı sıra diğer birkaç *Lactobacillus* türünü (örneğin, *Lacticaseibacillus gasseri*) bağırsak mikrobiyomunun yerlisi olarak tanımlamıştır [71]. *L. reuteri* suşları sıklıkla insan deneklerin jejunum/ ileum ve dışkılarından izole edilmiştir, nadir olarak GI kanalının diğer bölgelerinde bulunmuştur. Ek olarak, *L. reuteri*'nin zaman içinde aynı deneklerden tutarlı bir şekilde izole edilmesi, *L. reuteri*'nin insan mikrobiyomunun kararlı bir üyesini oluşturduğunu desteklemektedir.

L. reuteri suşlarını probiyotik olarak kullanıma sokan anahtar bulgu, antimikrobiyal bileşik reuterinin keşfiydi. İlk olarak 1980'lerin sonlarında Dobrogosz laboratuvarında tanımlanan bir domuz türünün, gliserol varlığında bakterileri, mantarları ve tek hücrelileri öldürebilen ve virüsleri etkisiz hale getirebilen bir bileşik ürettiği gösterilmiştir [72,73]. Aynı zamanda insan kaynaklı *L. reuteri* suşları, kobalamin (B₁₂ vitamini), folik asit ve tiamin dahil olmak üzere bir dizi vitamin üretme yeteneğine sahiptir [74]. Bunların arasında kobalamin, reuterin üretimi sırasında gliserol dehidrataz aktivitesine olan gereksinimi ve pernisiyöz anemide insan popülasyonunda B₁₂ vitamini eksikliğinin rolü nedeniyle en çok ilgiyi çekmektedir [75]. Kobalamin eksikliği olan bir diyet fare modelinde yapılan deneyler, *L. reuteri*'nin biyoaktif B₁₂ vitamini üretebileceği ve B₁₂ eksikliği ile ilişkili semptomları hafifletebileceği hipotezini desteklemiştir [76].

Mendoza ve ark. (2007) yaptığı çalışmada, *Lacticaseibacillus reuteri* ve *B. lactis* BB12 ile fermente edilmiş bir probiyotik ürün üretmek için sükroz ve pektin içeren peynir altı suyu içeceği hazırlamışlardır. Aşılama *L. reuteri* için %0.5, 1 ve 2 ve *B. lactis* BB12 için %0.5 ve 1 seviyelerinde yapılmıştır ve 30 gün 4°C sıcaklıkta depolanmıştır. Depolama süresince mikrobiyolojik fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak tüm depolama süresi boyunca her iki bakteri popülasyonunu 10⁶ kob/ml'den daha yüksek sayılarda tutarak probiyotik kriterini karşılamıştır. Titre edilebilir asitlik ve pH değerleri ile duyu özellikler depolamanın ilk 14 günü boyunca önemli ölçüde değişmemiştir. Saklama süresinin (30 gün)

sonunda, içeceğin kabul edilebilir bir tadı olmasına rağmen hafif asitlenme tespit edildiğini bildirmişlerdir [77].

2.2.5. *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*

Propionibacteria ilk olarak 19. yüzyılın sonunda E. von Freudenreich ve S. Orla-Jensen tarafından Emmental peynirinde propionik asit fermentasyonu üzerinde çalışıp *Propionibacterium* cinsinin önerilmesi sağlanarak tanımlanmıştır[13]. Propionibakteriler, gram-pozitif, spor oluşturmeyen, hareketsiz pleomorfik çubuklar olarak karakterize edilen, yüksek G+C içeriğine sahip olan bakterilerdir. Anaerobik ile aerotoleranttır ve genellikle katalaz pozitifler. 30 °C'de optimal olarak gelişirler ve nötr pH'a sahiptirler. Hücreler heterofermentatiftir ve karbohidratlar (glükoz, galaktoz, fruktoz ve laktoz dahil), alkoller (gliserol ve eritritol) ve organik asitler (laktat ve piruvat) gibi çeşitli substratları metabolize eder [13].

Propionibacterium'ların probiyotik özellikleri hakkında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*'lara göre çok daha az literatür bulunmaktadır. *Propionibacterium* cinsi, fırsatçı patojenler olarak hareket edebilen kutanöz türleri (iyi bilinen *P. acnes* dahil) ve bildirilen hiçbir yan etkisi olmayan türleri içerir. Tablo 4, farklı türleri ve bunların McDowell ve diğerleri tarafından tarif edildiği gibi filogenetik yeniden bölümlenmelerini göstermektedir [78]. *P. freudenreichii*, gıdalarda uzun ve belgelenmiş bir güvenli kullanım geçmişine uygun olarak GRAS (Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edildi) statüsüne sahiptir. *P. freudenreichii*, İsviçre tipi peynir gibi fermente süt ürünlerinde ve gıda probiyotik takviyelerinde insanlar tarafından yaygın olarak yetiştirilmekte ve tüketilmektedir [79].

Tablo 4. *Propionibacterium*'ların Farklı Türleri ve Bunların Filogenetik Bölümleri [80]

Süt <i>Propionibacteria</i> Patojen Olmayan	İnsan <i>Propionibacteria</i> Fırsatçı Patojenler
<i>P. acidipropionici</i>	<i>P. acidifaciens</i>
<i>P. cyclohexanicum</i>	<i>P. acnes</i>
<i>P. thoenii</i>	<i>P. australiense</i>
<i>P. jensenii</i>	<i>P. avidum</i>
<i>P. microaerophilum</i>	<i>P. granulosum</i>
<i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	<i>P. propionicum</i>
subsp. <i>freudenreichii</i>	<i>P. humerusii</i>

Propionibacterium spp.; Laktoz ve laktatı karbon kaynağı olarak kullanabilir, hücre içi peptidaz ve hücre duvarı ile ilişkili proteazları salgılayabilir, koruyucu özelliklere sahip bileşikler sentezleyebilir (bakteriyosinler, propiyonik asit ve asetik asit), aroma ve tada sahip bileşikler üretir (prolin, aminopeptidaz), B₁₂ vitamini üretebilir [81]. *Propionibacterium freudenreichii*, gıdada B₁₂ vitamininin aktif formunu üretir. Ayrıca bazı peynirlerde; gaz ve lezzet oluşumu için kullanılır [11,82, 83].

Maity ve ark. (2008), yapmış olduğu çalışmada probiyotikli, sağlıklı fermente peynir altı suyu içeceği üretmek için, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum* ve *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* kültürleri kullanılmıştır. %4 karışık kültür (1:1:1) ile yapılan ürün, peynir altı suyunda aşılانmış (başlangıç sayısı- laktobasiller 6,2 x 10⁷ kob/ml, bifidobakteriler 5,4 x 10⁷ kob/ml, propionibakteriler 3,9 x 10⁷ kob/ml) (%4,6) laktoz, %0.62 kül, %0.48 yağ ve %0.5 protein) pH 6.4'e ayarlanmış ve 37 °C'de 8 saat inkübe edilmiştir. Toplam bakteri sayısı, laktobasil sayısı, bifidobakteri sayısı, propionibakteri sayısı, titre edilebilir asitlik, β-D galaktosidaz aktivitesi, laktik asit konsantrasyonu ve duyuşal özellikler depolama süresince izlenmiştir. Titre edilebilir asitlik ve duyuşal özellikler, depolamanın ilk 7 günü boyunca önemli ölçüde değişmemiştir. 15 günlük depolama sonunda hafif asitleşme gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 8 saat boyunca fermente edilmiş ve %4 inokulum karışık kültür (1:1:1) ile hazırlanan peynir altı suyu içeceği, 10 günlük depolama süresine kadar her bakteri popülasyonu 10⁸ kob/ml' den daha büyük sayılarda tutularak probiyotik kriterini karşılamıştır [84].

2.3. Prebiyotikler

Probiyotiklerin gelişimi, kompleks karbonhidratların varlığına bağlıdır, bu karbonhidratlar genellikle oligosakkarit (kısa zincirli karbonhidratlar) olarak adlandırılır. Oligosakkaritler, literatürde prebiyotikler olarak bilinir ve kalın bağırsakta patojen bakteri sayısını sınırlandıran, aynı zamanda probiyotik bakterilerin büyümesini destekleyen sindirilemeyen gıdalar olarak tanımlanır [15,16,17]. Başka bir ifadeyle, seçici olarak fermente edilen bileşikler, gastrointestinal mikrobiyoflora kompozisyonunda ve/veya aktivitesinde olumlu değişiklikler sağlayabilen bileşenlerdir. Prebiyotiklerin belirtilen fizyolojik etkilerini gösterebilmesi için günlük olarak 8 ila 40 gram arasında alınmalarının gerektiği literatürde belirtilmektedir [85].

Oligosakkaritler, 3 ila 10 şeker ünitesinden oluşan glikozit bağlarla birbirine bağlı polisakkaritlerdir ve sindirilemezler. Prebiyotik olarak kullanılan oligosakkaritler, patojen mikroorganizmaların bağırsak yüzeyindeki fimbrialara bağlanma yeteneğine sahip oldukları için, patojen mikroorganizmaların bağırsak kolonizasyonunu engelleyebilir ve bu mikroorganizmaların dışkı yoluyla atılmasına katkıda bulunurlar [18]. Oligosakkaritler, ince bağırsakta hidrolize edilmez veya emilmezken, özellikle *Lactobacillus* spp. ve *Bifidobacterium* spp. gibi bakteriler tarafından kolon bölgesinde fermentasyonu gerçekleştirilerek prebiyotik özelliklerini göstermektedirler [86]. Oligosakkaritler, doğal olarak hindiba, yerelması, pırasa, enginar, buğday, soya, kurubaklagiller, muz, soğan, sarımsak, kuşkonmaz, enginar ve domates gibi bitkilerde bulunmanın yanı sıra, ticari olarak polisakkaritlerin enzimatik hidrolizi veya monosakkarit ve/veya disakkaritlerden sentezlenmesi yoluyla üretilmektedirler [87]. Gıda endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan prebiyotikler fruktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler, transgalaktooligosakkaritler, ksilooligosakkarit, gentioz, laktuloz, laktosukroz, inülin, izomaltooligosakkaritler ve soya fasülyesi oligosakkaritlerdir [18].

Tablo 5. Gıdalarda Kullanılan Başlıca Prebiyotikler [18]

Inulin
Laktuloz
Frukto-oligosakkaritler
Galakto-oligosakkaritler
Laktosukroz
Gluko-oligosakkaritler
Raftilin
Oligomat
Ksilo-oligosakkaritler
Palatinoz
Pirodekstrinler
Laktosukroz
Sorbitol
Izomalto-oligosakkaritler
Soyaoligosakkaritler
Gentio-oligosakkaritler

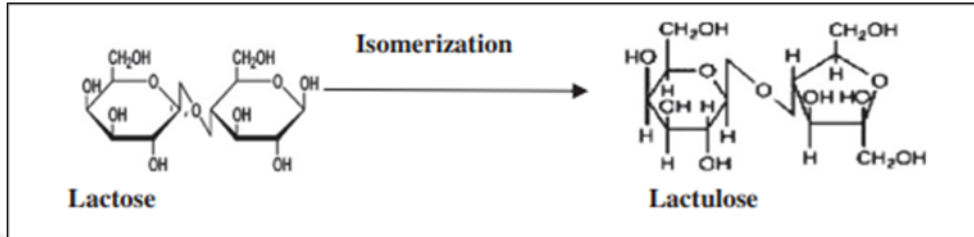
Oligosakkaritlerin hayvanların beslenmesindeki kullanımında, prebiyotik özelliklerinden yararlanılarak laktik asit düzeyinin artırılması, sindirim sistemi pH'sının yükseltilmesi ve yararlı bakteri sayısının artırılması gibi etkiler gözlenmektedir. Ayrıca, mannanoligosakkaritlerin intestinal mukozayı iyileştirdiği, barsak villilerinin arttığını ve özellikle jejunumda maltaz, aminopeptidaz ve alkali fosfataz aktivitesini arttırdığı da literatürde belirtilmektedir [88].

Dinçoğlu ve ark. (2021) yaptığı çalışmada, probiyotikler, inülin ve gül yağı (%0,5, %1 ve %2) kullanarak fonksiyonel bir içecek geliştirilmeyi ve bu içeceklerin 28 günlük depolama süresince ürünün bazı kalite özelliklerine etkilerinin ortaya çıkarılmasını amaçlamışlardır. *Bifidobacterium* ile *Lactobacillus acidophilus animalisi* peynir altı suyuna aşılamışlar ve gastrointestinal sistemde büyümelerini ve hayatta kalmalarını arttırmak amacıyla prebiyotik olarak inülin ilavesi yapıp farklı dozlardaki gül yağını ekleyerek fermente içecek üretimini gerçekleştirmişlerdir. Gül yağı örneğini de içeren mikrobiyolojik değerlendirmeler, örneklerin tamamında koliform bulunmadığını, toplam mezofilik aerobik, depolama süresi boyunca gül yağına bağlı olarak maya ve küf sayılarında önemli bir farklılık görülmediğini bildirmişlerdir. %0,5 gül yağı içeren içecek en çok tercih edilen içecek olmuş ve depolamanın 28. gününde ürünün probiyotik özelliğe sahip olması için gerekli olan 8,70 log kob/ml miktarını içerdiğini bildirmişlerdir [89].

Pazmandi ve ark. (2021) yaptığı çalışmada, çeşitli fonksiyonel gıdaların yaygın prebiyotik bileşenleri olan Galakto-oligosakkaritlerinin (GOS), laktik asit bakterilerinin fermantasyon yoluyla tüketilme potansiyelini değerlendirmişlerdir. GOS'un prebiyotik özelliklerini, laktik asit fermantasyon metabolitlerinin sağlığı teşvik edici etkileriyle birleştirmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak da GOS'un kazein hidrolizatı ile desteklenmesinin ve fermantasyon sırasında asitleşmenin geciktirilmesinin hücre büyümesini, mono ve disakarit tüketimini, genel organik asit üretimini ve üretilen asitlerin çeşitliliğini uyardığını göstermiştir. Bununla birlikte prebiyotik fermente içeceklerin formülasyonuna yol açan ürünleri besin açısından güvenli olarak değerlendirmişlerdir [90].

2.3.1. Laktuloz

Laktuloz, ilk kez 1930 yılında Montgomery ve Hudson tarafından kimyasal bir reaksiyon sonucu elde edilen yarı sentetik bir disakkarittir. Doğada, laktuloz normal koşullarda bulunmaz. Ancak, süt ürünlerinin ısıtılması sürecinde, katalizatör kullanılmaksızın laktozun izomerizasyonu sonucu laktulozun oluştuğu gözlemlenmiştir [19].



Resim 2. Laktozun İzomerizasyonu Sonucu Laktulozun Oluşumu [19]

Fonksiyonel gıdalara olan ilginin artmasıyla birlikte, sindirilmeyen gıdaların kullanımı da artmaktadır. Son yıllarda, prebiyotik bileşenler arasında özellikle oligosakkaritler önemli ölçüde artış göstermiştir. Laktuloz, bu bağlamda yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi için mükemmel bir seçenek olarak öne çıkmakta ve bilimsel olarak test edilmiş fonksiyonel özellikler ve uygulamalar sunmaktadır. Laktuloz, insan ince bağırsağı tarafından hidrolize dirençli bir disakkarittir; bu özellik, disakkaridazlar tarafından kolona değişmeden ulaşmasına olanak tanır. Kolonda, laktuloz, bifidobakteri ve laktobasiller tarafından seçici olarak metabolize edilir, bu süreç karbondioksit, hidrojen gazı ve kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumuna neden olarak dışkı biyokütlesinde bir artışa ve pH'da bir düşüşe yol açar. Asitlikteki bu artış, NH_3 'ün vücut tarafından atılan ve emilmeyen NH_4^+ 'a dönüşümünü kolaylaştırır. Laktulozun bu özellikleri, sadece beslenme açısından değil, aynı zamanda kronik portal sistemik ensefalopati ve kronik kabızlık gibi durumların farmasötik tedavilerinde kullanım açısından da önemli bir avantaj sunmaktadır [91]. Büyümeyi teşvik ettiği için prebiyotik özelliğe sahiptir. *Bifidobakteriler* (*Bifidobacteria bifidum*, *Bifidobacteria longum*, *Bifidobacteria infantilis*, *Bifidobacteria adoleis*) ve *lactobacilli* (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, vb.) gibi mide-bağırsak sisteminde sağlığı geliştiren bakterilerin gelişimini desteklerken aynı zamanda *Salmonella* gibi patojenik

bakterileri inhibe eder [92]. Sağlıklı yetişkinlerde gerçekleştirilen çalışmalar, laktulozun etkili bir prebiyotik gıda sınıfı olduğunu doğrulamıştır. Günde 10 g laktuloz tüketiminin, bifidobakteri sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olduğunu ve bununla birlikte *clostridia* popülasyonunun azaldığını göstermiştir [93].

Laktuloz ayrıca, kalsiyum ve magnezyum emilimini uyarabilmek amacıyla da kullanılabilir. 24 sağlıklı yetişkin erkek gönüllü üzerinde gerçekleştirilen klinik deneyler, 4 g laktuloz, 300 mg kalsiyum ve 150 mg magnezyum içeren bir gıdanın tüketildiği durumda kalsiyum ve magnezyum emiliminin arttığını ve herhangi bir yan etki meydana gelmediğini göstermiştir [94]. Kalsiyum emilimindeki bu artış, menopoz sonrası kadınlarla gerçekleştirilen çalışmalarda da gözlemlenmiş olup, 9 günlük laktuloz tüketiminin kalsiyum emilimini doz-yanıt şeklinde artırdığını ortaya koymaktadır [95].

Moussa ve ark. (2019) yaptığı çalışmada, yoğurt üretiminde ticari starter kültürlerle başlatılan fermentasyonda terapötik laktuloz seviyeleri kullanılmıştır. Yoğurtlarda laktuloz seviyelerinin (%0, 4, 6 ve 8) 4°C'de 28 gün boyunca incelenmiştir. Laktuloz dozunun artırılmasıyla kinetik parametrelerin, sinerezin, proteoliz derecesinin ve duyu özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, %4 ile %6 arasında laktuloz içeren fonksiyonel yoğurdun en uygun seçim olduğunu desteklemektedir [96].

Lu ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, ilk olarak, farmasötik bir içerik olarak kullanılan laktuloz ile gıda ürünlerinde ve bebek mamalarında bulunan yaygın bir prebiyotik olan fruktooligosakkaritin sıklıkla kullanılan probiyotiklerin büyüme kinetiği, fermentasyonu ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, laktuloz, probiyotiklerin büyüme aktivitelerini fruktooligosakkarite (FOS) ile benzer ölçüde desteklemiştir. Ayrıca, laktulozun *Bifidobacterium* spp. için daha yüksek asit üretimini teşvik ettiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, anaerobik koşullarda FOS'tan daha fazla asit üretimine neden olması, bifidobakteri içeren fonksiyonel gıda ürünlerine laktulozun dahil edilmesi düşünülebilir [97].

Laktuloz'un prebiyotik etkileri şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Bağırsak içeriğinin asitleştirilmesi,

- Ammonia tüketimi, atılması,
- Bağırsak peristaltizmini arttırmak,
- Bağırsak lümeninde osmotik basıncın artması,
- Gaitanın su içeriğinin artması, yumuşaması,
- Bağırsak ekosistemi stabilizasyonu,
- Toksin üretiminde aracı olan enzimlerin inhibisyonu,
- Safra taşı oluşumunun önlenmesi,
- Serum lipit seviyesinin düşürülmesi,
- Bağırsakta toksinlerin daha kısa kalmasını sağlar,
- Kanser gelişimin önlenmesi (kolorektal kanser, belki de diğer kanserler),
- Gastrointestinal enfeksiyonların önlenmesi (Rotavirus, candida vs.),
- Urogenital enfeksiyonların önlenmesi,
- Radyasyon Enteritis'inin önlenmesi,
- Anti-endotoksik etki (çok sayıda kullanım alanı),
- Kan şekeri-insulin kontrolü,
- Mineral absorpsiyonunun iyileştirilmesin,
- Enflamatuvar hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde (enflamatuvar bağırsak hastalığı ve divertikulitis vs.).

3.MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Çalışmamız kapsamında, fermente peynir altı suyu içeceği üretiminde kullanılan malzemeler, ticari firmalardan temin edilmiştir. Bu malzemeler arasında demineralize edilmiş peynir altı suyu tozu, probiyotik starter kültür ve prebiyotik olarak kullanılan laktuloz bulunmaktadır. Ambalaj materyali olarak 200 ml’lik plastik şişeler (ISOLAB) kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan laktoluz (L7877) Sigma Aldrich (USA) firmasından ticari olarak temin edilmiştir.

3.1.1.Peynir altı suyu tozu

Araştırmada %70 oranında demineralize peynir altı suyu tozu (İngro, Türkiye) kullanılmıştır. Kullanılan demineralize peynir altı suyu tozunun kimyasal kompozisyonu Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Demineralize Peynir Altı Suyu Tozlarının Kimyasal Kompozisyonu

Enerji ve Besin Öğeleri 100 g için	
Enerji (Kcal)	1557
Yağ (g)	0,5
Karbonhidrat (g)	81
Protein (g)	11

3.1.2.Starter kültürler

Fermente peynir altı suyu üretiminde kullanılan probiyotik starter kültür (*St. Lactocaseibacillus rhamnosus* ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12) CHR Hansen’ den (Danimarka) temin edilmiştir. Diğer probiyotik starter kültürler (*Lactocaseibacillus reuteri*, *Lactocaseibacillus gasseri*) Wuhan Healthdream Biological Technology Co., Ltd. den (Çin) temin edilmiştir. Destek starter kültür (*Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*) Fermentı Diretti microMilk®’den (İtalya) temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Fermente Peynir altı Suyu İçeceği Üretimi

Fermente peynir altı suyu içeceğini üretmek için peynir altı suyu toz formu tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan peynir altı suyu tozu, peynir altı suyunun

rekonstitüye edilmesiyle elde edilmiştir. Yapılan literatür taramaları sonucu peynir altı suyu içeceklerinde tercih edilen kuru madde miktarının %6,5-%9 aralığında olduğu görülmüş ve gerçekleştirilen ön denemeler sonucunda en iyi tekstür, aroma ve probiyotik mikroorganizmaların canlılık sonucunun %8,2 kuru madde ile elde edildiği görülmüştür. %8,2 kuru maddeye ulaşmak için kullanılması gereken peynir altı suyu tozu miktarı belirlenmiştir. Fermentasyon işlemi için *Lacticaseibacillus rhamnosus* (0,2 g/L), *Lacticaseibacillus reuteri* (0,5 g/L), *Lacticaseibacillus gasseri* (0,5 g/L), *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 (0,2 g/L), 4 adet probiyotik starter kültür, *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* (0,04 g/L) ile beraber aşılanmıştır. Bu şekilde 4 farklı fermente içecek üretimi gerçekleştirilmiştir. Örneklerde kullanılan starter kültürler ve örneklerin kısaltma isimleri Tablo 7’de gösterilmiştir. Kullanılan laktuloz (2 g/L) fermentasyonu destekleyici prebiyotik olarak kullanılmıştır. Ön denemeler sonrasında yapılan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik analizler sonucunda 37 °C de fermentasyon süresinin 24 saatle sınırlandırıp fermentasyon bitiş pH değerini 5 olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. Fermente İçecek Üretiminde Kullanılan Starter Kültürler ve Kısaltmaları

Starter Kültürler	Örnek Adı Kısaltmaları			
	BP	RP	GP	RHP
<i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	X	X	X	X
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12	X			
<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>				X
<i>Lacticaseibacillus reuteri</i>		X		
<i>Lacticaseibacillus gasseri</i>			X	

%70 demineralize peynir altı suyu tozu



← Saf su

Peynir altı suyu (%8,2 kuru madde)



Isıl işlem (85 °C’de 15 dk)



← Laktuloz

40 °C soğutulmuş peynir altı suyuna
Probiyotik starter kültür ilavesi

(*Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lacticaseibacillus reuteri*, *Lacticaseibacillus gasseri*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*)



Fermantasyon (37°C'de pH 5 ulaşınca kadar)



Soğutma (+4 °C)



Ambalajlama



28 gün depolama

Şekil 1. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Üretim Akış Şeması

Üretilen fermente içeceklerin, 1., 7., 14., 21. ve 28. depolama gününde kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Deneme 2 tekerrür ile analizler ise 2 paralelli yapılmıştır.



Resim 3. Fermente Peynir Altı Suyu İçecek Ürünleri

3.2.2 Peynir Altı Suyu ve Fermente İçecekte Yapılan Analizler

Analizler fermentasyon öncesi peynir altı suyunda ve fermentasyon sonrası fermente peynir altı suyu içeceğinde ayrı şekilde gerçekleştirilmiştir. Tablo 8’de yapılan analizler belirtilmiştir.

Tablo 8. Peynir Altı Suyu ve Fermente İçecekte Yapılan Analizler

Peynir Altı Suyunda Yapılan Analizler	Fermente Peynir Altı Suyu İçeceğinde Yapılan Analizler
pH Tayini Titrasyon Asitliği Tayini Kuru Madde Tayini Protein Tayini Kül Tayini Karbonhidrat Miktarı Belirlenmesi	pH Tayini Titrasyon Asitliği Tayini Kuru Madde Tayini Protein Tayini Kül Tayini Karbonhidrat Miktarı Belirlenmesi Renk Ölçümü Viskozite Tayini Mikrobiyolojik Analizler Duyusal Analizler

3.2.2.1. pH Tayini

İçeceklerin pH değerleri, Hanna Instruments pH 211 Microprocessor pH Meter kullanılarak tespit edilmiştir. Ölçüm öncesinde pH kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek için iki ayrı okuma gerçekleştirilmiştir [98].



Resim 4. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin pH Analizi

3.2.2.2. Titrasyon Asitliği Tayini

Homojen karışmış örnekten 10 ml alındıktan sonra örnek 10 ml saf su ile seyreltilmiş, ardından 0,5 ml %2 fenolftalein indikatörü eklenerek 0,1 N NaOH çözeltisi ile titrasyon gerçekleştirilmiştir. Kaybolmayan açık pembe renk elde edilene kadar titrasyon işlemi devam ettirilmiş ve harcanan sarfiyat değeri kaydedilmiştir. Her bir örnek için iki paralel titrasyon yapılmıştır [98].

Titrasyon asitliği; laktik asit (%) cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$(\%LA)Titrasyon\ asitli\gi\ (\%) = \frac{A \times 0,009}{\ddot{O}} \times 100$$

A: Titrasyonda kullanılan 0,1 N NaOH çözeltisi (mL)

Ö: Titrasyonda kullanılan örnek miktarı



Resim 5. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Titrasyon Asitliği Analizi

3.2.2.3.Kuru Madde Tayini

Nikel kaplar, 105°C'de 1 saat boyunca etüvde sabit bir tartıma ulaşması için bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan kaplar, desikatörde 30 dakika süreyle soğumaya bırakılmış ve ardından daraları alınmıştır. Homojen bir şekilde karıştırılmış fermente içecekler, daralara 3-5 gram olacak şekilde tartılarak, 105°C'de 3 saat boyunca etüvde muhafaza edilmiştir. Daha sonra, kaplar desikatörde 30 dakika süreyle soğumaya bırakılmış ve tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler, 105°C'de 1 saat daha etüvde

bırakılmış, ardından etüvden çıkarılan kaplar desikatörde 30 dakika süreyle soğumaya bırakılmış ve tekrar tartım alınmıştır. Bu işlem, sabit tartıma ulaşılan kadar tekrarlanmıştır. Her bir örnek için iki paralel çalışma yapılmıştır. Kuru madde yüzdesi aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır [98,99].

$$kuru\ madde(\%) = \frac{D2 - D}{D1 - D} \times 100$$

D: Sabit tartıma gelen nikel kabın darası (g)

D1: Örnek miktarı (g)

D2: Sabit tartıma getirilen örneklerin ve nikel kabın ağırlığı (g)

3.2.2.4. Protein Tayini

İçeceklerde protein tayini, Kjeldahl yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Toplam azot içeriği, 6,38 katsayısı ile çarpılarak protein içeriği hesaplanmıştır. Analiz, her bir örnek için iki paralel ölçüm içermektedir. [98].



Resim 6. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Protein Analizi

3.2.2.5. Kül Tayini

İçecekler porselen krozelere tartılarak 550 °C'ye ayarlanmış kül fırınında yakılacak ve kül miktarları belirlenmiştir [99].

$$Kül\ miktarı\ (\%) = \frac{m_2}{m_1} * 100$$

m1: Tartılan örnek miktarı (g)

m2: Örnekten yanma sonucu kalan kül miktarı (g)



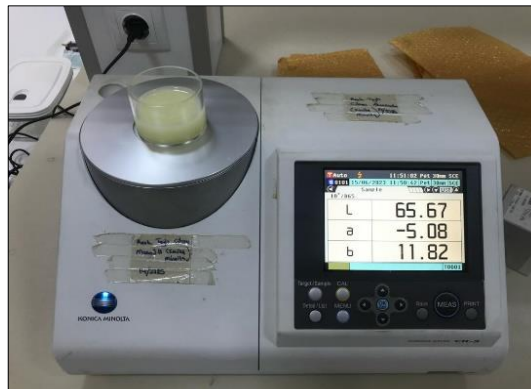
Resim 7. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Kül Analizi

3.2.2.6. Karbonhidrat Miktarının Belirlenmesi

Nem içeriği, protein içeriği, yağ içeriği ve kül içeriği için bulunan değerlerin toplamı 100'den çıkarılarak belirlenmiştir [100].

3.2.2.7. Renk Ölçümü

Fermente peynir altı suyu içeceklerinde renk ölçümü, depolama sürecinin belirli günlerinde (1., 7., 14., 21. ve 28. günler) gerçekleştirilmiştir. Konika Minolta CR5 Chromameter cihazı kullanılarak, ışık kaynağı D₆₅ ile ve 60° açıyla, 8mm disk kullanılarak L* (aydınlık), a* (kırmızı/yeşillik), b* (sarılık/mavilik) değerleri üç farklı noktadan ölçülerek belirlenmiştir [98].



Resim 8. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Renk Analizi

3.2.2.8. Viskozite

Fermente peynir altı suyu içeceklerinin viskozite değerleri, Brookfield DV-1 Pro viskozimetre (Middleboro, USA) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tork değeri %10-90 aralığında, sıcaklık ise 4°C olan örnekler, RHEOCALCR 32 Application Software (Brookfield Engineering Laboratories Inc.) yazılımı kullanılarak LV1 spindle ve 180 rpm hızında, her bir örnek için 3 farklı noktadan ölçüm alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen viskozite değerleri, mPa.s cinsinden ifade edilmiştir.



Resim 9. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Viskozite Analizi

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.3.1. Dilüsyon Sıvılarının Hazırlanması

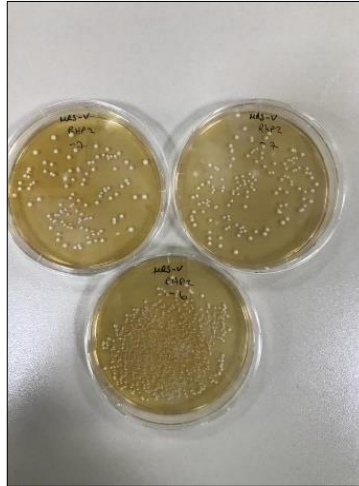
Aseptik koşullarda, 10 ml örnek, 90 ml steril ringer solüsyonuna (Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany) eklenmiştir. Homojen bir dağılım sağlamak amacıyla vorteks ile karıştırıldıktan sonra 1 ml alınarak 9 ml'lik ringer solüsyonuna ilave edilmiştir. Bu işlem, 10^{-7} 'ye kadar devam etmiştir. Her ekim işlemi için farklı teknikler ve besiyerleri kullanılmıştır. Uygun seyreltme oranlarına göre sıvı örnekler, belirtilen tekniklere uygun olarak çeşitli besiyerlerine ekilmiştir. Petri kaplarındaki koloniler, inkübasyon sonrasında sayılarak log kob/ml biriminde ifade edilmiştir.



Resim 10. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Mikrobiyolojik Analizi

3.2.3.2. *Lacticaseibacillus rhamnosus* sayımı

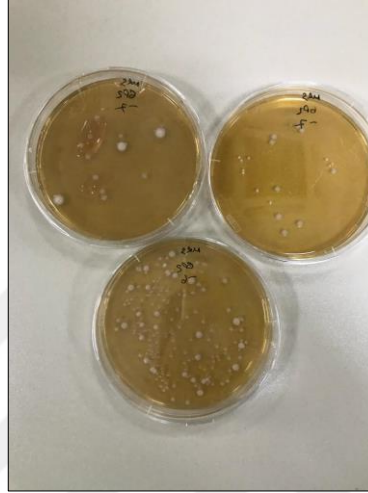
Lacticaseibacillus rhamnosus (Chr Hansen, Danimarka) sayımında MRS-Vankomisin besiyeri (Merck, Almanya) kullanılmıştır. 500 ml'lik MRS agar için; 25 ml saf su içerisine 0,01 g vankomisin eklenmiş ve 0,22 mikrometre gözenek çaplı mikrofiltreden (Milipore Syringe Filter, Sigma) geçirilerek, 121 °C'de 15 dk otoklavlanmış olan 475 ml ile hazırlanan MRS agar içerisine eklenmiştir. Yeteri kadar soğuyan besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları anaerobik jarlar içerisine Anaerocult A (Merck, Almanya) konularak anaerobik olarak 37 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve sayımı yapılmıştır [101].



Resim 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin *Lacticaseibacillus rhamnosus* Petri Görüntüsü

3.2.3.3. *Lacticaseibacillus gasseri* sayımı

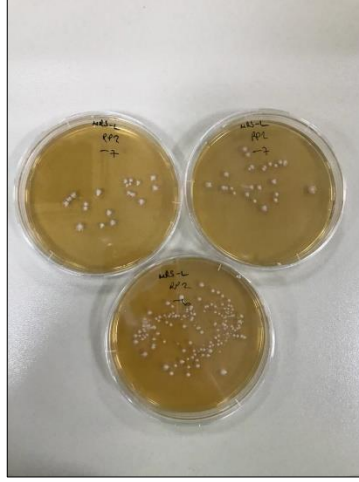
Lacticaseibacillus gasseri sayımında MRS agar kullanılmıştır. 500 ml'lik MRS agar 121 °C'de 15 dk otoklavlanmıştır. Yeteri kadar soğuyan besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları jarlar içerisine Anaerocult A (Merck, Almanya) konularak anaerobik olarak 37 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve sayımı yapılmıştır [43].



Resim 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin *Lacticaseibacillus gasseri* Petri Görüntüsü

3.2.3.4. *Lacticaseibacillus reuteri* sayımı

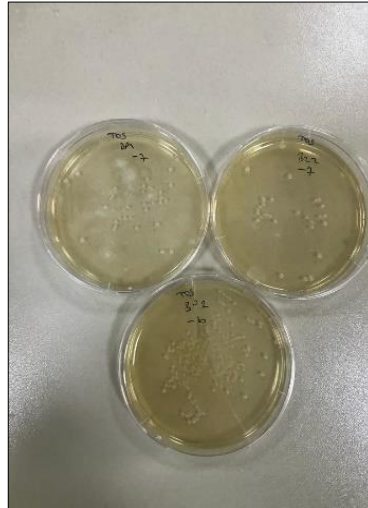
Lacticaseibacillus reuteri sayımında MRS- vancomycin ve L-sistein besiyeri kullanılmıştır. 500 ml'lik MRS agar için; 50 ml saf su içerisine 0,01 g vankomisin ve çözeltinin %0,05'i kadar L-sistein filtreden geçirilerek 121 °C'de 15 dk otoklavlanmış 450 ml ile hazırlanan MRS agar içerisine eklenmiştir. Yeteri kadar soğuyan besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları anaerobik jarlar içerisine Anaerocult A (Merck, Almanya) konularak anaerobik olarak 37 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve sayımı yapılmıştır [102].



Resim 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin *Lacticaseibacillus reuteri* Petri Görüntüsü

3.2.3.5. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 Sayımı

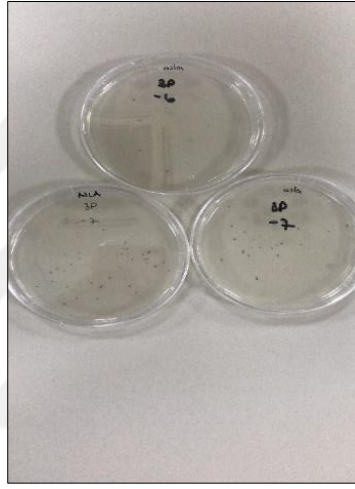
B. lactis BB12 sayımında TOS Propionat agar kullanılmıştır. TOS agar' a MUP Supplement' i eklenmeden önce besi yeri 115 °C'de 15 dakika sterilize edilmiş ve daha sonra aseptik bir şekilde supplement eklenmiştir. Yeteri kadar soğuyan besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları anaerobik jarlar içerisine Anaerocult A (Merck, Almanya) konularak anaerobik olarak 37 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve sayımı yapılmıştır [103].



Resim 14. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin *B. lactis* BB12 Petri Görüntüsü

3.2.3.6. *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Sayımı

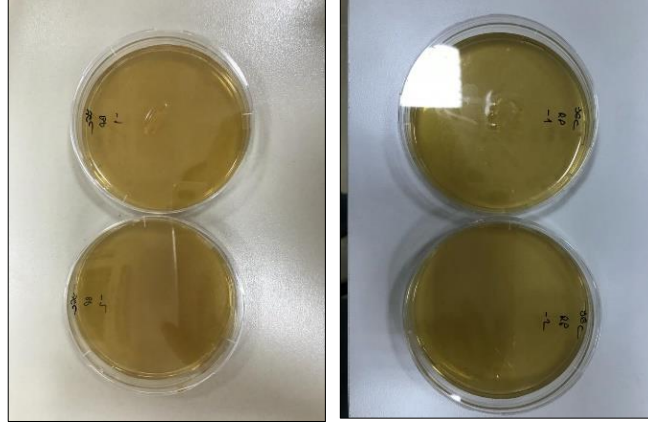
Propionibacterium sayımında ASLA agar kullanılmıştır. 470ml’lik ASLA agar içerisine 24 ml %50’lık sodyum laktat (Merck) ilave edilerek 121 °C’de 15 dk otoklavda sterilize edilmiştir. Daha sonra aseptik bir şekilde *Propionibacteria* Growth supplementi(FD097; Hi Media) 6ml steril su ile çözündürülerek eklenmiştir. Yeteri kadar soğuyan (44-48 °C) besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları anaerobik jarlar içerisine Anaerocult A (Merck, Almanya) konularak anaerobik olarak 37 °C’de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve sayımı yapılmıştır [104].



Resim 15. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Petri Görüntüsü

3.2.3.7. Maya-Küf Sayımı

Maya ve küflerin sayımında YGC Agar besi yeri kullanılmıştır. 500 ml’lik MRS agar 121 °C’de 15 dk otoklavlanmıştır. Yeteri kadar soğuyan besiyeri petri kaplarına dökülmüş, donması beklenmiştir. Yayma plak yöntemi ile ekimi yapılan petri kapları 25 °C’de 72 saat aerobik şartlarda inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda oluşan kolonilerin sayımı yapılmıştır [105].



Resim 16. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Küf- Maya Petri Görüntüsü

3.2.4. Duyusal Analiz

Fermente peynir altı suyu içeceklerinin duyusal değerlendirilmesi için, Çok Kötü (1 Puan) ile Mükemmel (9 Puan) arasında değerlendirilen bir hedonik test kullanılmıştır. Duyusal değerlendirme çalışmaları, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görevli 25 kişilik bir panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler, fermente peynir altı suyu içeceklerini tat-aroma, kıvam, koku ve genel olarak değerlendirmişlerdir. Duyusal analiz formu, Ek-A'da belirtilmiştir.



Resim 17. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinin Duyusal Analizi

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Araştırmada uygulamalar iki tekerrürlü, analizler iki paralelli yapılmıştır. Paralel analiz sonuçları varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Her bir üretimin kimyasal, mikrobiyolojik analiz sonuçlarına bakılarak depolama

süresi boyunca her bir üründe meydana gelen değişiklikleri belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu amaçla istatistiksel analiz paket programı SPSS sürüm 20 kullanılmıştır (SPSS Inc., Chicago, Illinois). ANOVA sonucunda önemli çıkan veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre $p < 0.05$ düzeyinde test edilmiş ve ürünler gruplandırılmıştır. Duyusal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi yine SPSS sürüm 20 programı ile yine varyans analizi testinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Probiyotik starter kültür ve prebiyotik laktuloz kullanılarak üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerinin 28 günlük depolama sürecindeki fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri, her bir ürün için iki tekrarlı denemelerle elde edilen verilere dayanarak incelenmiştir. Bu çalışmada, 1., 7., 14., 21. ve 28. depolama günlerinde elde edilen veriler değerlendirilmiş ve her bir özellik üzerindeki değişimler tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ürünlerin depolama süresine bağlı olarak nasıl değiştiğini anlamak için önemli bir perspektif sunmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerdeki değişimler, endüstride yer alabilecek olan fonksiyonel fermente peynir altı suyu içeceğinin kalite özelliklerini ve raf ömrünü belirlemek amacıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca, duyusal analiz sonuçları, tüketicinin ürünle ilgili algısını anlamak için önemli bir bileşen olarak değerlendirilmiştir.

4.1. Peynir altı Suyunda Yapılan Analizler

Fermente peynir altı suyu içeceklerinin üretiminde kullanılan peynir altı suyuna ait kuru madde, yağ, kül, pH, titrasyon asitliği, protein ve karbonhidrat değerleri, Tablo 9'da ve Şekil 2'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 9. Peynir Altı Suyu Bileşenleri(n=2)

Peynir Altı Suyu Bileşenleri	
Kuru Madde (%)	8,35±0,05
Yağ(%)	<0,5
Kül(%)	0,58±0,03
pH	6,33±0,01
Asitlik (%)	0,15±0,02
Protein(%)	0,74±0,00
Karbonhidrat(%)	6,53±0,07

Yerlikaya ve ark. (2012), farklı prebiyotik kombinasyonları deneyerek ürettiği fermente peynir altı suyu içecekleri için %9 kuru maddeli peynir altı suyunu tercih etmişlerdir [106].

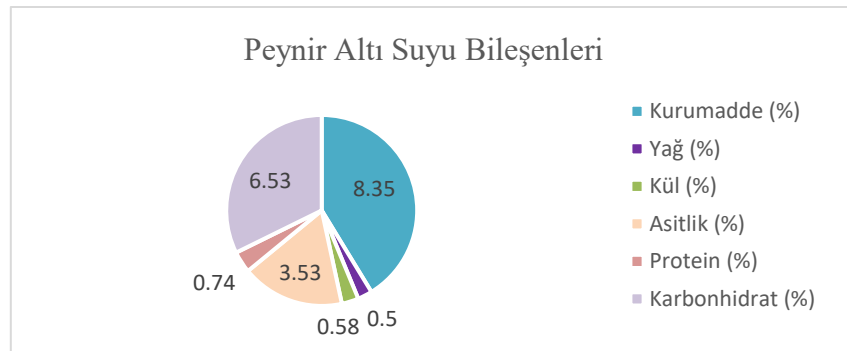
Abdulalim ve ark. (2018), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı oranlarda karadut suyu ilavesiyle peynir altı suyu karışımları, probiyotik starter

kültürler kullanılarak fermentasyona tabi tutulmuştur. Kullanılan peynir altı suyu kimyasal bileşimi, temel olarak toplam kuru madde ($6,3 \pm 0,026$ g/100 g), protein ($0,8 \pm 0,015$ g/100 g), yağ ($0,5 \pm 0,115$ g/100 g) ve laktoz ($4,5 \pm 0,104$ g/100 g) içerdiği tespit edilmiştir [107].

Janiaski ve ark. (2016), yaptığı çalışmada çilekli yoğurt ve çilekli peynir altı suyu içeceği arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Çalışmada kullanılan peynir altı suyu protein ($2,0 \pm 0,3$ g/100 g), yağ ($2,2 \pm 0,3$ g/100 g), kül ($0,6 \pm 0,1$ g/100 g) ve laktoz ($4,9 \pm 0,2$ g/100 g) içermektedir [108].

Arsıç ve ark. (2018), tarafından gerçekleştirilen çalışma, havuç suyunun fonksiyonel fermente peynir altı suyu bazlı içecek üretiminde kullanıma potansiyelini ve bu ürünün ekonomik değerlendirmesini incelemiştir. Çalışmada kullanılan peynir altı suyunun kimyasal bileşimi şu şekildedir: protein $2,6 \pm 0,012$ (g/100g); yağ $1,05 \pm 0,08$ (g/100g) ve laktoz $5,6 \pm 0,114$ (g/100g) [109].

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda kullanılan peynir altı suyu bileşenleri çalışmamızda kullanılan peynir altı suyundaki bileşenler ile benzerlik göstermektedir [105,106,107,108]. Gerek yapılan ön denemelerde gerek yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar kullandığımız peynir altı suyunun besin içeriği ile 8 log (kob/ml) seviyelerinde canlı probiyotik bakteri sayısına, arzu edilen lezzete, olumlu tekstürel özelliklere sahip fonksiyonel fermente içecek üretilebileceği görülmüştür.



Şekil 2. Peynir Altı Suyu Bileşenleri

4.2. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerinde Yapılan Analizler

4.2.1. Kimyasal Analizler

Çalışma kapsamında elde edilen fermente peynir altı suyu içeceğinin kimyasal özellikleri aşağıdaki Tablo 10’da sunulmuştur. İstatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre, fermente peynir altı suyu içeceği örneklerinin kimyasal özellikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 10. Fermente Peynir Altı Suyu Kimyasal Analiz Sonuçları

Örnekler	Analizler			
	Kuru madde	Protein	Kül	Karbonhidrat
BP	8,45±0,03	0,76±0,02	0,58±0,02	6,61±0,04
GP	8,44±0,04	0,72±0,02	0,54±0,02	6,66±0,07
RP	8,41±0,14	0,74±0,01	0,57±0,02	6,59±0,17
RHP	8,36±0,26	0,74±0,02	0,58±0,01	6,53±0,25

BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Fermente peynir altı suyu içeceklerinde en çok kuru maddeye sahip örneğin %8,45 oranıyla *B. lactis* BB12 ve *Propionibacterium* starter kültürleri ile fermente edilmiş BP kodlu içecekte olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, en yüksek protein içeriği BP kodlu üründe gözlemlenmiştir. RHP kodlu ürünler ise en yüksek kül içeriğine sahipken, en yüksek karbonhidrat değerine sahip olanlar ise GP kodlu ürünler olarak belirlenmiştir.

Skryplonek ve ark. (2019) fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen fermente içeceğin kuru madde içeriği $6,48\pm0,1$ g/100 g, protein içeriği ise $1,02\pm0,15$ g/100 g olarak belirlenmiştir [57].

Alves ve ark. (2018) tarafından yürütülen çalışmada, peynir altı suyuna şeker ve pektin ilave ederek probiyotik fonksiyonel gazlı içecek geliştirilmiştir. Probiyotik peynir altı suyu içeceğinin üretimden hemen sonraki kompozisyonu şu şekildedir: kuru madde ($15,87\pm0,3$ g/100 g), protein ($0,53\pm0,03$ g/100 g), yağ ($0,20\pm0,0$ g/100 g), kül ($0,29\pm0,02$ g/100 g) ve laktoz ($14,85\pm0,2$ g/100 g) [110].

Idan ve ark. (2021), tarafından yürütülen çalışma, üzüm aromalı peynir altı suyu probiyotik içecek geliştirmeyi ve süt endüstrisine faydalı olacak laktik asit bakterilerinin (LAB) probiyotik potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, üretilen içeceklerin ortalama protein (2,694 g/100 g), yağ (0,456 g/100 g) ve laktoz (4,297 g/100 g) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir [111].

Elde ettiğimiz fermente peynir altı suyu içeceklerin kuru madde miktarı prebiyotik olarak kullandığımız laktuloz ve eklediğimiz starter kültürler ile artış göstermiştir. % 0,2 oranında eklenen laktuloz hem karbonhidratta hem de kuru madde de artış sağlamıştır. Aynı zamanda fermentasyon öncesi protein miktarı ile fermentasyon sonrası protein miktarında değişim gözlenmemiştir. Geliştirilecek ürünlerde probiyotik mikroorganizmaların gelişebilmesi için hammaddenin kimyasal kompozisyonu önemlidir. Fermentasyon amacıyla kullanılacak mikroorganizmaların üründe asitliği geliştirebilmesi için karbonhidrat içeriğinin yeterli düzeyde olması gerekir. Idan ve ark. (2021), Alves ve ark. (2018) ve Skryplonek ve ark. (2019) gerçekleştirdiği çalışmalar ile çalışmamızın kimyasal benzerlik göstermektedir.

4.2.2. pH değerleri

Çalışmamız kapsamında elde edilen fermente peynir altı suyu içeceklerinin pH değerleri ile bu değerlerde 28 günlük depolama süresi boyunca gözlemlenen değişiklikler, Tablo 11 ve Şekil 3'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda BP, GP, RP örneklerinde depolama süresince meydana gelen değişim önemsiz ($p>0.05$) bulunurken, RHP örnekleri için depolama süresince meydana gelen değişim önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Ayrıca her bir depolama gününde ürünler arası meydana gelen değişim önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Depolama boyunca fermente içeceklerin ölçülen değerleri birbirine yakınlık göstermiştir.

En yüksek pH 5,38 ile RP'de görülürken, en düşük pH 4,85 değeri ile RHP'de görülmektedir.

Tablo 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceğinin pH Analizi Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	5,13±0,06 ^C	5,15±0,04 ^C	5,16±0,06 ^C	5,15±0,08 ^C	5,14±0,06 ^C

GP	4,99±0,02 ^B	5,01±0,02 ^B	5,02±0,02 ^B	5,01±0,04 ^B	5,02±0,03 ^B
RP	5,36±0,06 ^D	5,37±0,06 ^D	5,38±0,06 ^D	5,38±0,06 ^D	5,36±0,06 ^D
RHP	4,85±0,00 ^{aA}	4,88±0,01 ^{cA}	4,87±0,00 ^{bcA}	4,87±0,00 ^{bcA}	4,86±0,00 ^{ba}

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

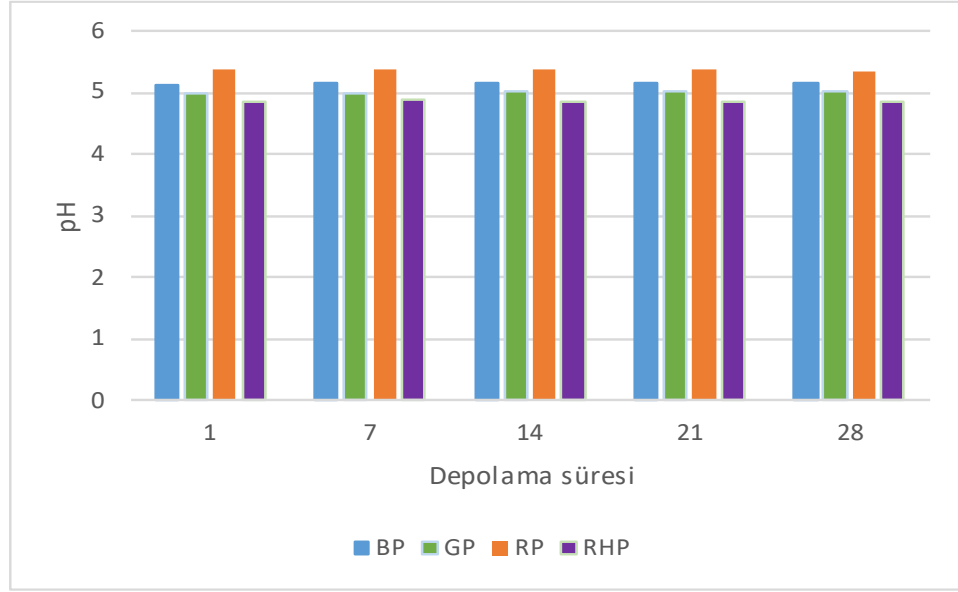
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Jitpakdee ve ark. (2022), laktik asit bakterilerini kullanarak fermente peynir altı içeceği üretmişlerdir. Fermentasyon başlangıcında tüm örneklerde ortalama pH değeri 5,5 olarak belirlenmiştir. Depolama süresince gözlemlenen sonuçlar, tüm örnekler için pH değerinde bir düşüş ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek pH değeri 5,02±0,01 olarak kaydedilmişken, en düşük pH değeri 4,40 olarak belirlenmiştir [112].

Luo ve ark. (2021) fermente asit peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Numunelerin pH eğrilerinde de benzer eğilimler göstererek tüm örnekler için 0,20 ile 0,03 pH birimlik bir düşüş gözlemlenmiştir [113].

M'hir ve ark. (2021), yaptığı çalışmada şifalı aromatik bir bitki olan mersin suyu ile peynir altı suyunu belirli oranlarda karıştırarak fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 0. günde pH değeri 5.02 ± 0.01 iken, 20. günde $4.29 \pm 0,02$ olarak kaydedilmiştir [114].

Probiyotik mikroorganizmalar yoğurt bakterilerine göre daha düşük düzeyde pH düşüşüne sebep olmakta ve laktoz miktarını da daha düşük düzeyde azaltmaktadır [115]. Çalışmamızda peynir altı suyunun fermentasyon süresini ve fermentasyon sonu pH değerinin tercih edilen starter kültürlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. *L. rhamnosus* kültürünün laktik asit üretme potansiyelinin yüksek olması [116] RHP içeceğinin pH değerinin 4,85 olmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Fermente peynir altı suyu içeceklerinde RHP örneği hariç pH değerinde depolama süresince belirgin bir fark görülmemiştir. Ancak her bir depolama gününde örnekler arasında farklılıklar görülmesi kullanılan probiyotik starter kültürlerin karbonhidrat kaynağını farklı miktarlarda metabolize etmesinden kaynaklandığı ve fermentasyonun sona erdiği pH değeri ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği pH Analizi Sonuçlarındaki Değişimler

4.2.3. Titrasyon asitliği

Çalışmamız kapsamında elde edilen fermente peynir altı suyu içeceği titrasyon asitliği değerleri ile bu değerlerde 28 günlük depolama sürecinde meydana gelen değişimler, Tablo 12 ve Şekil 4'te sunulmuştur. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda her bir depolama analiz gününde (1,7,14,21,28) fermente peynir altı suyu içeceği örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinde ürünler arasında oluşan değişiklikler önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bütün depolama günlerinde örnekler arası karşılaştırma yapıldığında, BP ve GP örneklerinin birbirine benzer değerlere sahip olduğu görülürken, RP ve RHP örnekleri farklılık göstermektedir. Depolama günleri süresi boyunca oluşan değişiklikler BP ve GP örnekleri için önemsiz ($p > 0.05$) bulunurken, RP ve RHP örnekleri için önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Tablo 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	0,66±0,00 ^B	0,65±0,00 ^B	0,67±0,00 ^B	0,69±0,04 ^B	0,72±0,05 ^B
GP	0,64±0,02 ^B	0,64±0,02 ^B	0,64±0,03 ^B	0,68±0,01 ^B	0,68±0,01 ^{AB}
RP	0,59±0,02 ^{bA}	0,55±0,01 ^{aA}	0,60±0,00 ^{bA}	0,60±0,00 ^{bA}	0,63±0,02 ^{cA}

RHP	0,72±0,04 ^{aC}	0,73±0,02 ^{abC}	0,77±0,02 ^{bcC}	0,77±0,01 ^{bcC}	0,79±0,02 ^{cC}
-----	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

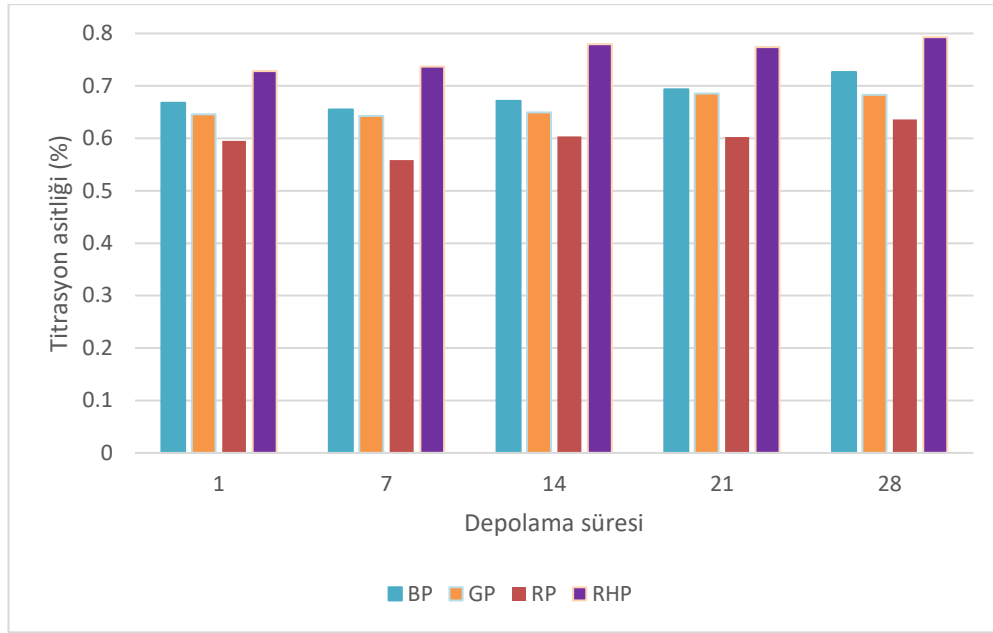
BP: *B. lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Tanwar ve ark. (2022), yaptığı çalışmada farklı oranlarda mango suyu ile karıştırarak peynir altı suyu içeceği üretmişlerdir. Örneklerin ilk gündeki titrasyon asitlik değeri 0.48 ± 0.03 olarak kaydedilirken, 9. günde 0.73 ± 0.02 olarak kaydedilmiştir [117].

M'hir ve ark. (2021), yaptığı bir diğer çalışma keçiyoynuzu unu ve yulaf unu ile zenginleştirilmiş fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Ürünün ilk gününde titrasyon asitliği 0.79 ± 0.02 olarak tespit edilmiştir. 13. günde 1.07 ± 0.04 olarak kaydedilmiştir [118].

Dinkçi ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, keçi, inek ve koyun sütünden üretilmiş peynir altı sularına kivi tozu katkısı eklenerek fermente peynir altı suyu içecekleri üretilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, 28 günlük depolama süresince titrasyon asitliğinde bir artış gözlemlenmiştir. En düşük asitlik değeri, keçi sütü örneğinde 0.76 ± 0.03 olarak belirlenmişken, en yüksek asitlik değeri aynı şekilde keçi sütü örneğinde 0.85 ± 0.01 olarak kaydedilmiştir [119].

L. reuteri ve *B. lactis* BB12 starter kültürleri yavaş bir şekilde asitlik gelişimi göstermesinden [77] kaynaklı BP ve RP fermente içeceklerin asitlik değerinde az bir artış görülmüştür. *L. rhamnosus* kültürü ise daha hızlı asitlik gelişimi göstermesinden kaynaklı en büyük artış RHP fermente içeceğinde görülmüştür [116]. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar benzerlik göstermektedir



Şekil 4. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçlarındaki Değişimler

4.2.4. Renk

L^* , a^* , ve b^* değerleri CIE renk skalasına göre ölçülmüştür. L^* değeri karanlılığı (0) ve aydınlığı (100) temsil etmektedir.

Çalışmamız kapsamında üretilen fermente peynir altı suyu içeceğinin L^* değerleri, belirli depolama süreleri boyunca gözlemlenmiş ve bu değerlerin 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimleri Tablo 13 ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda depolamanın tüm analiz günlerinde fermente peynir altı suyu içeceklerinden BP ve GP örneklerinin L^* değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulurken, RP ve RHP örneklerinin L^* değerlerinde meydana gelen değişimler önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Örnekler arası L^* değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Yapılan analizlerde en yüksek L^* değeri depolamanın 7. Gününde 70,57 değeri ile GP'de en düşük L^* değeri depolamanın 14. Gününde 63,856 değeri ile RP'de ölçülmüştür.

Tablo 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi L^* Değeri Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28

BP	67,30±2,56	65,85±0,07	66,10±0,36	65,86±0,30	67,29±2,03
GP	66,52±2,50	70,57±1,44	64,99±0,51	65,41±0,76	67,74±2,45
RP	65,00±0,82 ^a	64,70±0,21 ^a	63,85±0,11 ^a	64,61±0,43 ^a	66,40±1,93 ^b
RHP	66,43±2,04 ^{ab}	65,39±0,32 ^a	65,46±0,30 ^a	64,93±0,21 ^a	67,59±2,61 ^b

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

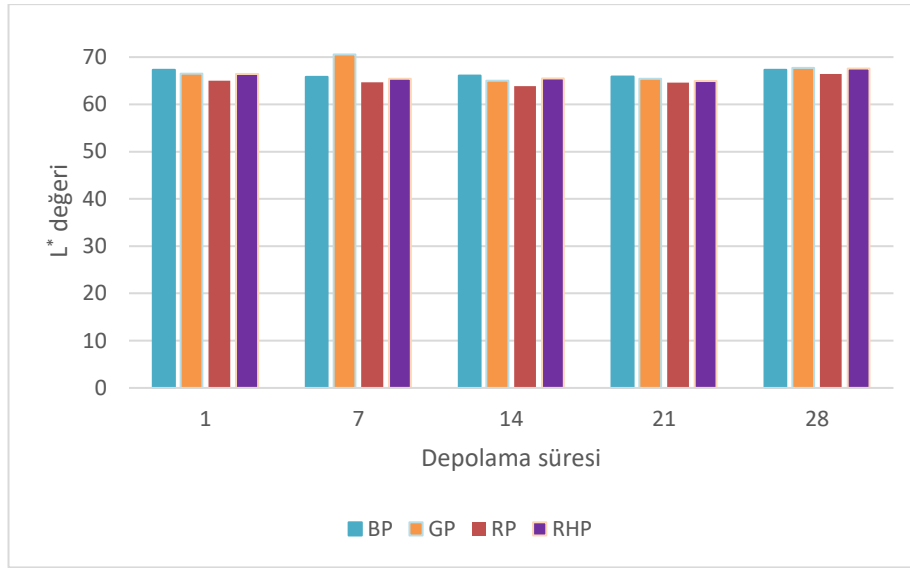
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Gab-Allah ve ark. (2020) yaptığı çalışmada peynir altı suyuna kalsiyum kaynağı olarak yumurta kabuğu, tatlandırıcı olaraktan farklı oranlarda hurma şurubu ekleyerek fermente peynir altı suyu içeceği üretmişlerdir. 21 günlük depolama süresince yaptığı renk ölçümlerinde hurma şurubunun en az bulunduğu örneğin L* değeri en yüksek 51.45 ölçülürken, en düşük 51,11 olarak ölçülmüştür [120].

Kanca ve ark. (2023) gerçekleştirdiği çalışmada fermente peynir altı suyu içeceği üretimi yapmışlardır. Geliştirdikleri ürünün L* değerini 44,36 olarak kaydetmişlerdir [121].

Bekiş ve ark. (2021) peynir altı suyunu kefir danesi ile fermente ederek fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. 30 günlük depolama süresince yaptıkları çalışmada 1. Gün L* değerini 73,50 olarak ölçerken, 30.gün 74,26 olarak ölçmüşlerdir [122].

Peynir altı suyu sahip olduğu yüksek riboflavin içeriğinden dolayı karakteristik rengi olan sarı-yeşil renge sahiptir [21]. İçeceklerde yalnızca fermentasyonlarda kullanılan starter kültürler farklılık gösterdiği için ürünlerin kendi arasında oluşan farklılığın önemsiz bulunması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 5. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi L* Değeri Sonuçlarındaki Değişimler

CIE renk skalasına göre a* değeri kırmızılığı (+) ve yeşilliği (-) ifade etmektedir. Araştırmamız kapsamında üretilen fermente peynir altı suyu içeceğinin a* değerleri, belirli depolama süreleri boyunca incelenmiş ve bu değerlerin 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler, Tablo 14 ve Şekil 6'da verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda depolamanın tüm analiz günlerinde meydana gelen değişimler BP, GP, ve RP örneklerinde önemli ($p < 0,05$) bulunurken, RHP örneği için önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. Örnekler arası a* değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Tüm örneklerde a* değerleri negatif olup en düşük BP örneğinde bulunduğu görülmektedir. Negatif a* değerlerinin yeşilliği ifade ettiği göz önünde bulundurulduğunda yeşil renk yoğunluğun en düşük GP örneğinde, en yüksek BP örneğinde olduğu görülmektedir.

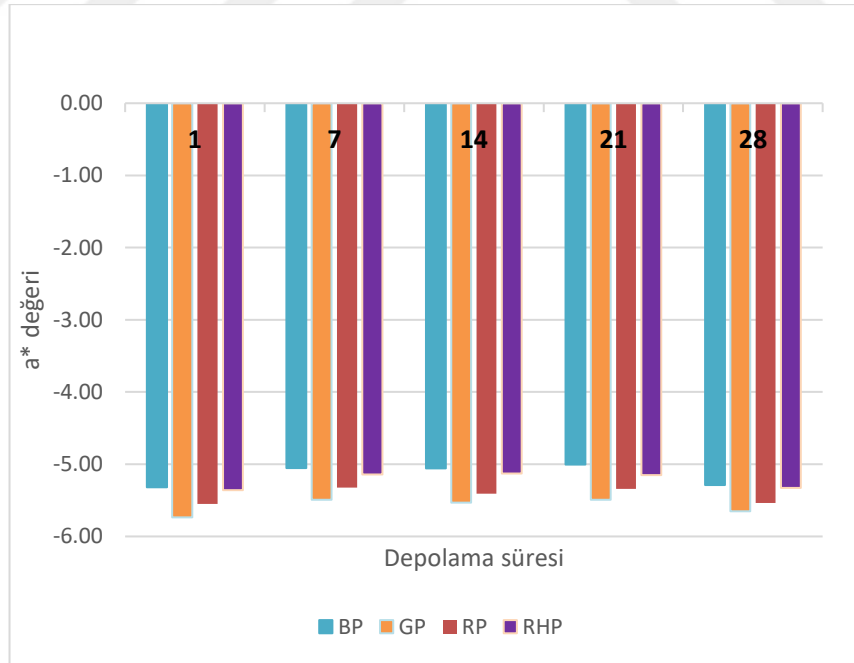
Tablo 14. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi a* Değeri Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	-5,32±0,36 ^a	-5,05±0,10 ^{bc}	-5,05±0,08 ^{bc}	-5,00±0,08 ^c	-5,28±0,18 ^{ab}

GP	-5,73±0,26 ^a	-5,49±0,03 ^b	-5,53±0,04 ^b	-5,49±0,05 ^b	-5,65±0,17 ^{ab}
RP	-5,55±0,24 ^a	-5,32±0,04 ^b	-5,40±0,05 ^{ab}	-5,34±0,05 ^b	-5,53±0,19 ^a
RHP	-5,36±0,38	-5,14±0,13	-5,12±0,14	-5,15±0,10	-5,32±0,11

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Gab-Allah ve ark. (2020), yaptığı çalışmada a^* değerini en düşük -5.01, en yüksek - 5.29 olarak ölçmüşlerdir [120]. Kanca ve ark. (2023) ürettikleri fermente peynir altı suyu içeceğinde yaptıkları analizlerde a^* değerini -2.87 ± 0.05 olarak kaydetmişlerdir [121]. Bekiş ve ark. (2021) yaptığı çalışmada ise a^* değerini ilk gün yaptıkları analizlerde $-2,05\pm0,2$ olarak ölçmüşler, 30. Gün yaptıkları analizde $-2,53\pm0,2$ olarak kaydetmişlerdir [122].



Şekil 6. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi a^* Değeri Sonuçlarındaki Değişim

Çalışma kapsamında üretilen fermente peynir altı suyu içeceğinin 28 günlük depolama sürecinde meydana gelen b* değeri değişimleri, Tablo 15 ve Şekil 7'de belirtilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda depolamanın tüm analiz günlerinde (1,7,14,21,28) fermente peynir altı suyu içeceği örneklerinin b*değerlerinde oluşan değişiklikler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Örnekler arası b* değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

En yüksek b* değerleri 1. Günde GP örneğinde görülürken, depolamanın sonunda En yüksek b* değerlerine BP örneği ulaşmıştır.

CIE renk skalasına göre b* değeri maviliği (-) ve sarılığı (+) ifade etmektedir.

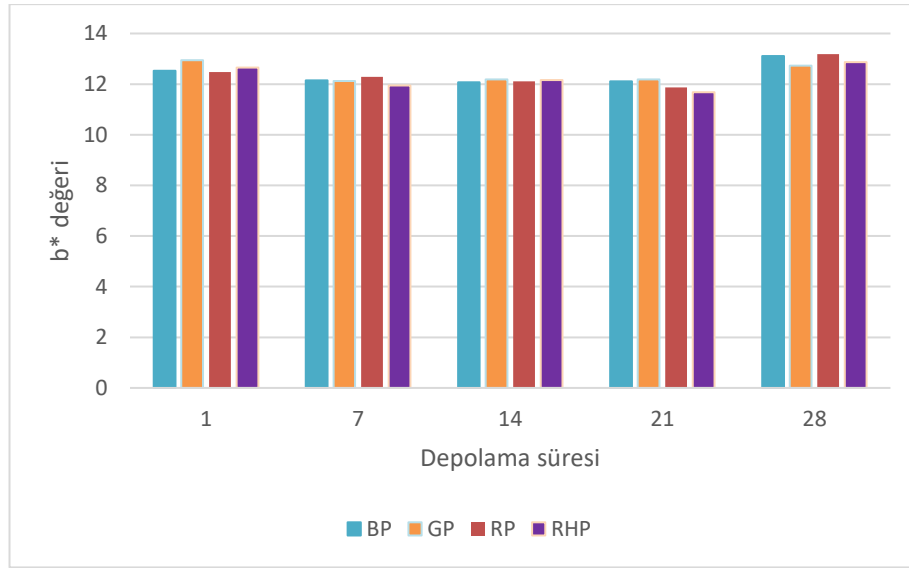
Tablo 15. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi b* Değeri Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	12,52±0,11 ^{ab}	12,15±0,32 ^a	12,07±0,35 ^a	12,11±0,30 ^a	13,10±0,96 ^b
GP	12,94±0,86 ^b	12,11±0,10 ^a	12,18±0,43 ^a	12,18±0,49 ^a	12,73±0,48 ^{ab}
RP	12,48±0,46 ^a	12,28±0,24 ^a	12,11±0,17 ^a	11,87±0,27 ^a	13,18±1,05 ^b
RHP	12,65±0,73 ^{bc}	11,94±0,16 ^a	12,15±0,36 ^{ab}	11,68±0,13 ^a	12,86±0,62 ^c

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Gab-Allah ve ark. (2020), geliştirdikleri içeceklerde b* değerini en düşük 18.19, en yüksek 18,97 olarak ölçmüşlerdir [120]. Kanca ve ark. (2023) ürettikleri fermente peynir altı suyu içeceğinde yaptıkları analizlerde b* değerini 4.90±0.15 olarak kaydetmişlerdir [121]. Bekiş ve ark. (2021) yaptığı çalışmada ise b* değerini ilk gün 6,25±0,2 olarak ölçmüşler, 30. Gün yaptıkları analizde 5,42±0,3 olarak kaydetmişlerdir [122].

Fermente içeceklerin sarı rengi hammadde olarak kullandığımız peynir altı suyunun yeşilimsi-sarı renginden kaynaklanmaktadır [121]. Örnekler arası farkın önemsiz bulunması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 7. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Renk Analizi b* Değeri Sonuçlarındaki Değişim

4.2.4. Viskozite

Çalışmada üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerin 28 günlük depolama süresinde viskozite değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 16 ve Şekil 8’de gösterilmiştir. Depolama süresince fermente BP, RP ve RHP içeceklerinin viskozite değerleri arasındaki fark önemli ($p < 0,05$), GP içeceğindeki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Depolamanın 1. ve 14. gününde örnekler arası değişimler önemli ($p < 0,05$) bulunurken, 7., 21., ve 28. günlerdeki değişimler önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

En yüksek viskozite değeri RP örneğinde depolamanın ilk gününde, en düşük viskozite değeri BP örneğinde depolamanın 14. gününde kaydedilmiştir. Depolamanın son gününde ise en yüksek değer RHP örneğinde görülmüştür. Genel olarak viskozite BP, GP, RHP örnekleri için depolamanın ilk günlerinden son günlerine artış gösterirken RP örneği için stabil kaldığı görülmüştür.

Tablo 16. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Viskozite Analiz Sonuçları

Örnekler (mPa.s)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	5,75±0,43 ^{bA}	5,59±0,28 ^b	4,98±0,34 ^{aA}	5,52±0,42 ^b	5,89±0,46 ^b
GP	5,43±0,33 ^A	5,79±0,53	5,72±0,63 ^B	5,73±0,36	5,64±0,19

RP	6,60±1,02 ^{bb}	6,08±0,37 ^b	5,31±0,16 ^{aAB}	6,03±0,19 ^b	5,98±0,38 ^b
RHP	5,84±0,31 ^{bcA}	5,65±0,26 ^{ab}	5,32±0,27 ^{aAB}	5,59±0,35 ^{ab}	6,03±0,25 ^c

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

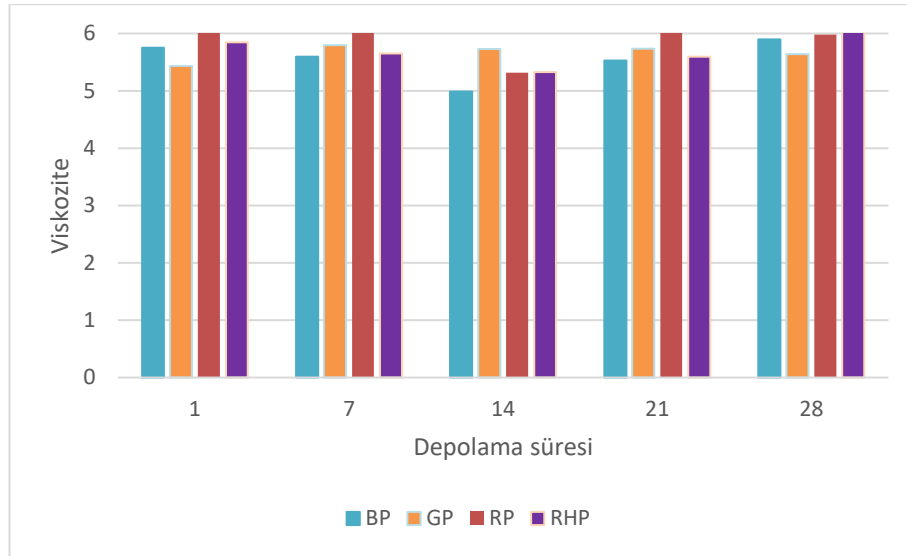
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Akpınar ve ark. (2015), yaptığı çalışmada fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. %100 peynir altı suyundan oluşan içecek örneğinde viskozite değerini 1. Gün $9,5\pm0,7$ şeklinde, depolamanın son gününde $9,0\pm0,0$ şeklinde kaydetmişlerdir [104].

Aly ve ark. (2019), *Lactobacillus plantarum* kültürü ile fermente edilmiş meyveli peynir altı suyu içecekleri üretmişlerdir. 20 günlük depolama süresinde viskozite değerleri 31.34' den 37 birimlere doğru artış göstermiştir [123].

Gab-Allah ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada ürettikleri fermente peynir altı suyu içeceğinin depolama boyunca viskozite değerlerini analiz etmişlerdir. İçeceğin viskozitesi 1. Gün 10,0 olarak ölçülürken, depolamanın son günü 150,0 olarak kaydedilmiştir [120].

Depolama süresince laktik asit bakterilerinin eksopolisakkarit üretimi [11] viskozitedeki artışa sebep olduğu düşünülmektedir. Viskozitedeki dalgalanmalara fermente içecekler içerisinde bulunan denatüre serum proteinlerinin sebep olabileceği düşünülmektedir. Kuru madde miktarının ayarlamak için kullanılan peynir altı suyu tozu, prebiyotik olarak eklediğimiz toz laktulozun da viskoziteyi etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 8. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Viskozite Değişim

4.2.5. Mikroorganizma sayısı

4.2.5.1. *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 Sayısı

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceğinin *B. lactis* BB12 sayılarında bulunan sonuçlar ve 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 17 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda depolama günlerinde oluşan farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 17. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *B. lactis* BB12 Sayılarındaki Değişim

Örnek (log kob/ml)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	8,58±0,11 ^a	8,65±0,12 ^a	8,61±0,07 ^a	8,59±0,09 ^a	8,83±0,22 ^b

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

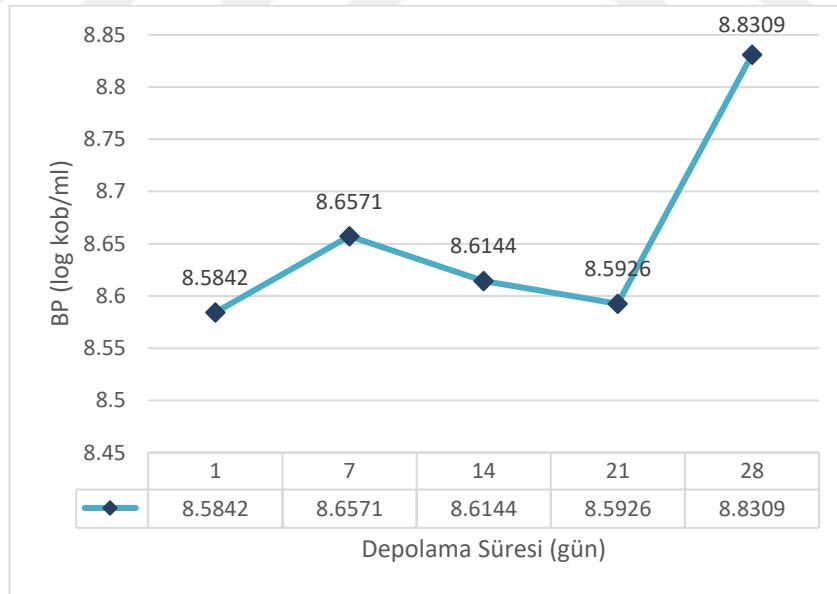
BP: *B. lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Yapılan analiz sonuçlarına göre 28 günlük depolama süresince fermente peynir altı suyu içeceklerinde bulunan *B. lactis* BB12 sayıları 8,58±0,11 ile 8,83±0,22 log₁₀ kob/ml arasında değişmektedir. Fermente içeceklerde *B. lactis* BB12 sayısında depolama süresince büyük bir farklılık görülmemiştir. Depolamanın 14. ve 21. düşüş yaşanırken depolamanın son gününde artış tespit edilmiştir.

Baruzzi ve ark. (2017), yaptığı çalışmada *Bifidobacterium* ssp ile zenginleştirilmiş simbiyotik fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. *B. lactis* BB12 kültürü ile fermente edilmiş içecekte canlı sayısı 9.37 ± 0.38 olarak kaydedilmiştir [124].

Sekulic ve ark. (2017) yaptığı çalışmada peynir altı suyundan fonksiyonel fermente içecek üretmek starter kültür araştırması gerçekleştirmişlerdir. *B. lactis* BB12 kültürü ile aşılanmış peynir altı suyu 7 saatlik fermentasyon sonunda 10^6 kob/ml üzerinde gelişim göstererek probiyotik kriterini karşıladığı tespit edilmiştir [125].

Propionibacterium suşlarının *Bifidobacterium* spp.'lerinin gelişimini desteklediği bilinmektedir [12,13]. Elde ettiğimiz fermente peynir altı suyu içeceğinde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda depolama süresince *B. lactis* BB12 sayısındaki artışın *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* nin peynir altı suyu ortamında da *B. lactis* BB12 gelişimine destek sağladığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda prebiyotik olarak laktulozun *B. lactis* BB12'nin gelişimini desteklediği bilinmektedir [93].



Şekil 9. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *B. lactis* BB12 Sayılarındaki Değişim

4.2.5.2. *Lacticaseibacillus gasseri* Sayısı

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerin *Lacticaseibacillus gasseri* sayılarında bulunan sonuçlar ve 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 18 ve Şekil 10'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda GP fermente içeceğinde depolama boyunca meydana gelen değişimler önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Tablo 18. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. gasseri* Sayılarındaki Değişim

Örnek (log kob/ml)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
GP	9,09±0,30 ^b	9,09±0,33 ^b	8,61±0,19 ^a	8,61±0,32 ^a	8,31±0,28 ^a

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Yapılan analiz sonuçlarına göre 28 günlük depolama süresince fermente peynir altı suyu içeceklerinde bulunan *Lacticaseibacillus gasseri* sayıları 9,09±0,30 ile 8,31±0,28 log₁₀ kob/ml arasında değişmektedir. Fermente içeceklerimizde depolama boyunca *Lacticaseibacillus gasseri* sayılarında azalış meydana gelmiştir.

Al-Janabı (2023) yaptığı çalışmada, *Lacticaseibacillus gasseri* probiyotik potansiyelini araştırmıştır. Çalışmada *S. aureus*, *E. coli* ve *L. monocytogenes* patojenlerine antagonist etki göstermiştir. *L. gasseri*, düşük asitleştirme aktivitesi, 4 saatte %0,3 konsantrasyonda %50,6'lık bir büyüme oranıyla safraya tolerans ve 24 saatte %0,4 konsantrasyon için 8,515log ile farklı fenol konsantrasyonlarına (%0,1, %0,2, %0,3, %0,4) direnç göstermiştir. Sonuç olarak *L. gasseri* bir probiyotik adayı olarak istenen temel özellikleri karşıladığını ve bu nedenle farmasötik ve gıda endüstrisinde kullanım için önemli bir potansiyele sahip olduğu kanıtlanmıştır [126].

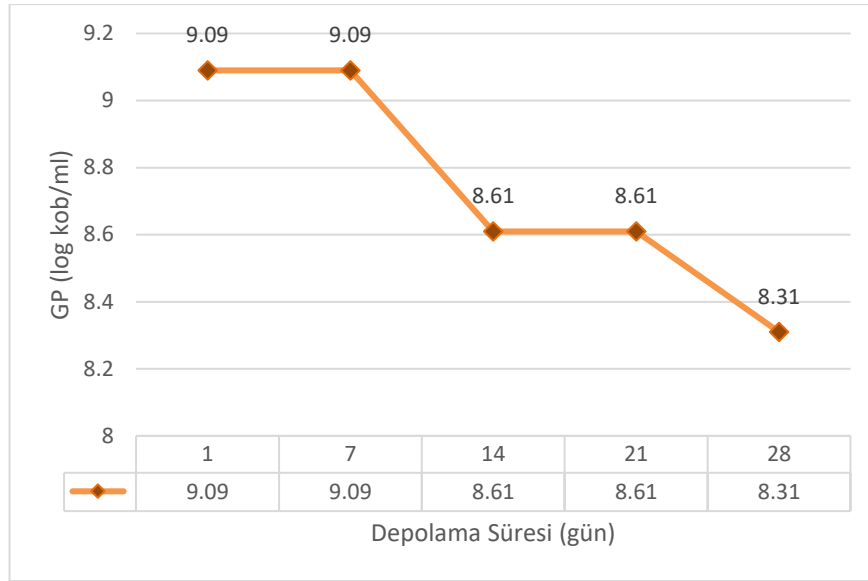
Günyaktı (2016), anne sütünden izole edilmiş *Lacticaseibacillus gasseri* probiyotik potansiyelini araştırmıştır. *L. gasseri* suşlarının probiyotik kültür olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla düşük pH (2 ve 3) değerlerine, farklı (% 0.3 ve % 1) safra konsantrasyonlarına, yapay mide ve bağırsak sıvılarına karşı direnç özellikleri ve hemolitik aktiviteleri in-vitro koşullarda test edilmiştir. Elde

edilen verilere göre *L. gasseri* edilerek endüstriyel amaçlı kullanımının mümkün olabileceği düşünülmektedir [127].

Çakır (2022) yaptığı çalışmada, obeziteye karşı etkili *L. gasseri* içeren probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir. 21 günlük depolama süresince *L. gasseri* sayılarında 6,97 (log kob/g) dan 6,46 (log kob/g) doğru bir azalma gözlemlenmiştir. Sonuç olarak *L. gasseri* sayılarının, depolama süresince bir gıdanın probiyotik kabul edilmesi için belirlenen alt sınırın (10^6 kob/g) üzerinde ($1,53 \times 10^6$ - $9,47 \times 10^6$ kob/g) olduğu tespit edilmiştir [128].

L.gasseri' nin probiyotik etkisi nedeniyle sağlık üzerine olumlu etkilerini destekleyen çok sayıda çalışma vardır. Yapılan çalışmalarda olumlu etkisinin görülmesi ile bu bakterinin içecek gibi ürünlerde kullanımının gıdanın özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmektedir. Havuç sularının *L.gasseri* ile fermente edilmesi sonucunda içeceklerin prebiyotik içeriğinin artırıcı bir potansiyele sahip olduğu ve bu ürünlerin asitliğinin 0,35-0,40 % laktik asit olduğu tespit edilmiştir [129].

Çalışmada peynir altı suyunun yüksek laktoz içeriğine sahip olması ve prebiyotik içerik olarak da laktuloz ilave edilmiş olması yapılan çalışmalara göre *L.gasseri* sayısının daha yüksek seviyede canlılığını koruduğunu ortaya koymuştur. BP ve RHP ile kıyaslayacak olduğumuzda titrasyon asitlik miktarının GP örneğinde daha düşük düzeyde olmasından dolayı *L.gasseri'* nin depolamanın başında 9 log seviyesinde olduğu görülmüştür. Aynı zamanda peynir altı suyunda bulunan laktozun ve laktulozun depolamanın başında *L.gasseri'* nin gelişimini teşvik ettiği ve hızla sayısını arttırdığı anlaşılmaktadır. Ancak depolamanın ilerleyen günlerinde oluşan laktik asit, antimikrobiyal maddeler vb. metabolitler [131] *L.gasseri'* nin sayısında az seviyede de olsa azalmaya sebep olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 10. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. gasseri* Sayılarındaki Değişim

4.2.5.3. *Lacticaseibacillus reuteri* Sayısı

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerin *Lacticaseibacillus reuteri* sayılarında bulunan sonuçlar ve 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 19 ve Şekil 11’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğimizde depolama bulunca meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Tablo 19. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. reuteri* Sayılarındaki Değişim

Örnek (log kob/ml)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
RP	8,67±0,27	8,35±0,15	8,26±0,28	8,40±0,11	8,44±0,25

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Yapılan analiz sonuçlarına göre 28 günlük depolama süresince fermente peynir altı suyu içeceklerinde bulunan *Lacticaseibacillus reuteri* sayıları 8,67±0,27 ile 8,44±0,25 log kob/ml arasında değişmektedir. RP fermente içeceklerinde depolamanın 14. gününde en düşük bakteri sayısı kaydedilmiştir. Depolamanın ilk günden son gününe *Lacticaseibacillus reuteri* sayılarında azalış meydana gelmiştir

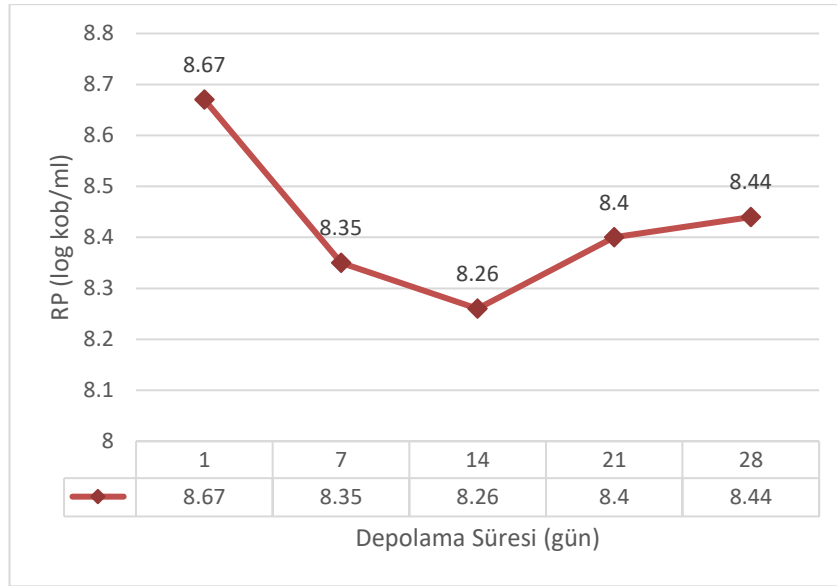
Mendoza ve ark. (2007) yaptığı çalışmada, *L. reuteri* ve *Bifidobacterium bifidum* probiyotik kültürleri ile fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. *L. reuteri* sayılarında depolama boyunca azalma gözlemlenmiştir. *L. reuteri* sayısı depolamanın ilk gününde 10^7 kob/ml üzerinde bir seviyeyken, depolamanın son gününde 10^6 kob/ml'den daha yüksek sayılarda kalarak probiyotik kriterini karşılamıştır [77].

Altundal'ın (2023) yaptığı çalışma kapsamında *L. reuteri* ve *S. thermophilus* içeren fermente süt üretimi gerçekleştirilmiştir. Sütler 12 saat fermente edilmişlerdir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarında *L. reuteri* 10^9 kob/ml, *S. thermophilus* 10^9 kob/ml maya-küf sayısı ise <100 kob/ml olarak saptanmış ve ürünler probiyotik içecek kriterini sağlamışlardır [130].

Mohan ve ark. (2020), yaptığı çalışmada bal katkılı *L. reuteri* kültürü ilave edilmiş ve yoğurt üretimi gerçekleştirmişlerdir. Depolamanın 1. Gününde en yüksek değer olan 7,31 log kob/mL sonucu kaydedilmiştir. 21 günlük depolama boyunca canlı probiyotik sayının azaldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte depolama süresi boyunca önerilen minimum seviyesi olan 6 log kob/mL'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir [131].

Sağlığa yararlı etkileri yapılan çalışmalarla ortaya konmuş olan probiyotik özelliğine sahip *L.reuteri*, günümüzde genellikle bitkisel bazlı içeceklerin üretiminde tercih edilmektedir. Bitkisel bazlı içecekler 8-9 log seviyesinde canlılık gösterebilmektedir [132]. Fermente sür ürünlerinde kullanılan *L.reuteri* antimikrobiyal özelliğe sahip olan reuterin maddesini sentezleyerek ürünlerin mikrobiyolojik stabil kalmasını sağlar [133]. Çalışmamızda kullanılan peynir altı suyu içeriğinde bulunan karbonhidrat seviyesinin $6,59\pm0,17$ seviyesinde olması *L. reuteri*'nin canlılığı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

L.reuteri'nin prebiyotik katkıları ile gıdalarda 7 log seviyelilerinin üzerinde canlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresinde asitlik değerindeki artış ile canlı bakteri sayılarında azalma meydana gelebileceği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [134]. Çalışmamıza benzer şekilde, Mohan ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada, laktuloz ilavesi ile 8 log üzeri canlı probiyotik sayısına ulaşılabildiğini ancak depolama sonuna doğru artan asitlik ile canlı probiyotik bakteri sayılarındaki azalma olduğunu belirtmiştir.



Şekil 11. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. reuteri* Sayılarındaki Değişim

4.2.5.4. *Lacticaseibacillus rhamnosus* Sayısı

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerin *L. rhamnosus* sayılarında bulunan sonuçlar ve 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 20 ve Şekil 12’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğimizde depolama bulunca meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Tablo 20. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. rhamnosus* Sayılarındaki Değişim

Örnek (log kob/ml)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
RHP	9,28±0,43	8,97±0,08	9,05±0,14	8,73±0,97	9,04±0,22

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Yapılan analiz sonuçlarına göre 28 günlük depolama süresince fermente peynir altı suyu içeceklerinde bulunan *L. rhamnosus* sayıları 9,28±0,43 ile 9,04±0,22 log kob/ml arasında değişmektedir. Fermente RHP içeceğinde depolamanın 21.

gününde en düşük bakteri sayısı kaydedilmiştir. Depolamanın ilk gününden son gününe *L. rhamnosus* sayılarında düşük seviyede de olsa azalış meydana gelmiştir.

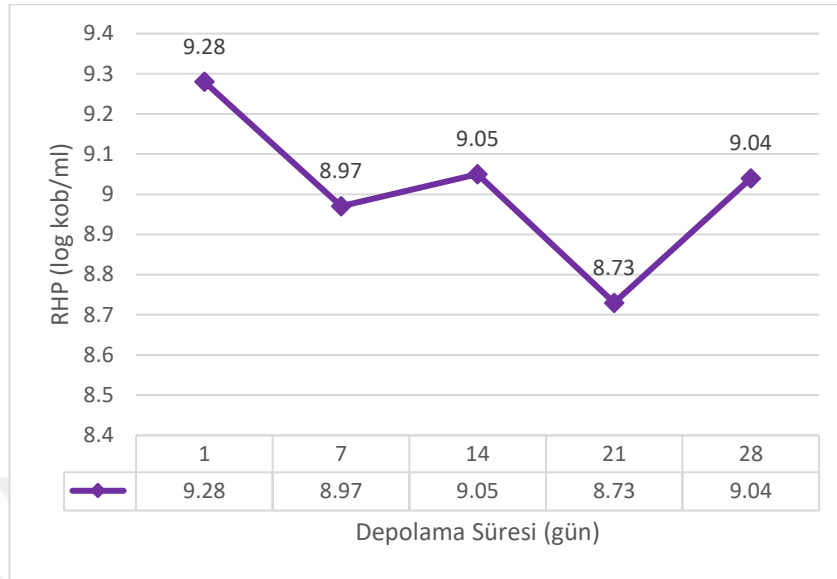
Bulatovic ve ark. (2014) yaptığı çalışmada, farklı oranlarda süt ile karıştırılmış fermente peynir altı suyu içeceği üretmişlerdir. *L. rhamnosus* ile fermente edilen %100 peynir altı suyundan oluşan örneklerin mikrobiyolojik analiz sonucunda depolamanın ilk günü kaydedilen değer 7,51 log (kob/ml), son günü ise 6,69 log (kob/ml) şeklindedir. 28 günlük depolama boyunca canlı probiyotik bakteri sayılarında azalma meydana gelmiştir [135].

Zamora ve ark. (2023), yaptığı çalışmada guava meyveli, *L. rhamnosus* kültürü ile fermente edilmiş peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Fermentasyonun ilk gününde 10^6 - 10^7 kob/ml aralığında bir canlı probiyotik sayısı kaydedilirken, depolama boyunca canlı probiyotik sayısında azalış gözlemlenmiştir. Fermente peynir altı suyu içeceğinin 40. gününde canlı probiyotik sayısı 10^6 kob/ml altına düşerek raf ömrünün sonuna geldiği kaydedilmiştir [61].

Taheri ve ark. (2019), yaptığı çalışmada *L. rhamnosus* ve *L. paracasei* içeren fermente olmayan bir peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Peynir altı suyu içeceklerini +4 derece 7 gün depolamışlar ve depolama boyunca mikrobiyolojik analizler yapmışlardır. Depolama boyunca *L. rhamnosus* sayısında azalma meydana gelmiş olmasına rağmen en düşük ölçülen değer 7.89 log kob/ml şeklinde olarak probiyotik kriterini karşılamıştır [136].

Çalışma kapsamında en yüksek canlı probiyotik sayısına *L. rhamnosus*'un sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalardan görüldüğü üzere *L. rhamnosus* peynir altı suyu ortamında iyi bir gelişim gösterebilmektedir. Bunun nedeni içeriğinde bulunan laktoz miktarının yüksek olması ve *L. rhamnosus*'un gelişimi teşvik etmesinden kaynaklanabilir. Laktuloz, süt ve süt ürünlerinin ısıtılma işlemi sonucu bileşimlerinde yer alan laktozun izomerizasyonu ile oluşmaktadır [137]. Bu ısıtılma işlemi sonucu fermente içeceklerdeki laktuloz seviyesinin arttığı ve probiyotik bakterin gelişimini desteklediği düşünülmektedir. Yerlikaya ve ark. (2020), yaptığı çalışmada *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* kültürlerini birlikte kullanmış, sonuç olarak depolama sonunda en yüksek canlı probiyotik sayısına *L. rhamnosus*'un sahip olduğu görülmüştür [138]. Çalışmamızda *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*'nin *L. rhamnosus*'un gelişimini desteklediği düşünülmektedir. Titrasyon

asitliğinde 14. günden sonra meydana gelen artışın canlı probiyotik sayısında düşük seviyede olsa bir azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 12. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *L. rhamnosus* Sayılarındaki Değişim

4.2.5.5. *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Sayısı

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerin *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* sayılarında bulunan sonuçlar ve 28 günlük depolama süresince meydana gelen değişimler Tablo 21 ve Şekil 13’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğinde depolama boyunca meydana gelen değişimler önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Örnekler arası yapılan değerlendirmelerde 21. gün elde edilen sonuçlar önemsiz ($p>0.05$) bulunurken, depolamanın diğer günlerinde önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Yapılan analiz sonuçlarına göre 28 günlük depolama süresince fermente peynir altı suyu içeceklerinde bulunan *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* sayıları en yüksek $9,54\pm 0,21$ ile RHP örneğinde görülmüştür. En düşük *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* sayıları depolamanın son günü $8,14\pm 0,58$ ile GP örneğinde kaydedilmiştir. Tüm örnek gruplarında depolama boyunca yapılan analizlerde *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* sayılarında azalma meydana gelmiştir.

Tablo 21. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* Sayıları

Örnekler (log kob/ml)	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	8,72±0,16 ^{bA}	8,59±0,03 ^{abA}	8,40±0,18 ^{aA}	8,38±0,14 ^{aA}	8,49±0,11 ^{aA}
GP	9,13±0,22 ^{bB}	8,64±0,19 ^{abA}	8,27±0,19 ^{aA}	8,47±0,43 ^{aA}	8,14±0,58 ^{aA}
RP	9,08±0,05 ^{cB}	8,55±0,11 ^{bA}	8,32±0,12 ^{aA}	8,22±0,18 ^{aA}	8,27±0,21 ^{aA}
RHP	9,54±0,21 ^{bC}	8,86±0,11 ^{aB}	8,75±0,28 ^{aB}	8,80±0,36 ^{aA}	9,24±0,19 ^{bB}

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

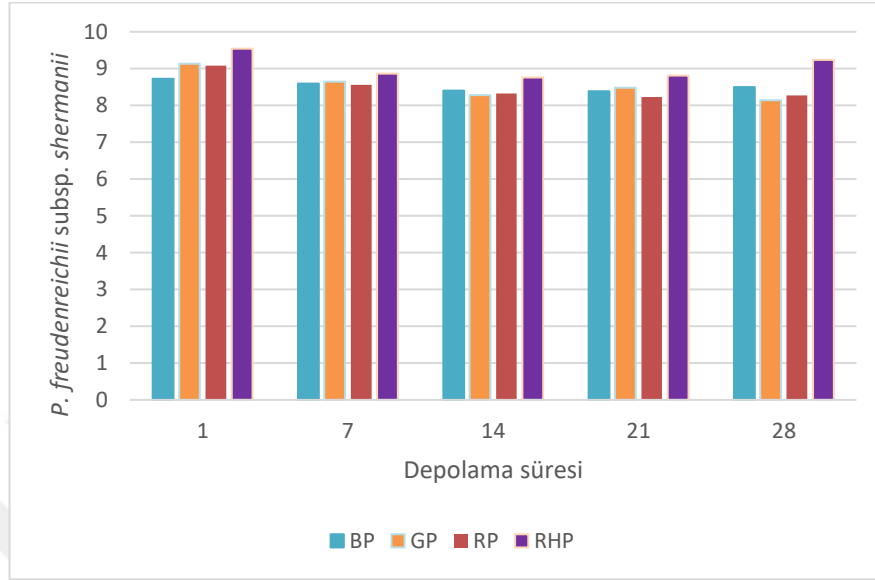
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Maity ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* ile aşılınmış örneklerin 15 günlük depolama boyunca mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Depolamanın ilk gününden son gününe canlı probiyotik sayında azalma meydana gelmiştir. 1. Gün 8,462 log kob/ml değeri kaydedilirken depolamanın son günü 7,968 log kob/ml değeri kaydedilmiştir [84].

Yerlikaya ve ark. (2020) yaptığı çalışmada, *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* starter kültürünü fermente süt ürünlerine ilave ederek fizikokimyasal, reolojik, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerini gözlemlemiştir. 21 günlük depolama boyunca *L. rhamnosus*, *L. casei* ve *B. lactis* kültürleri ile aşılınmış *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* sayılarında azalma meydana gelmiştir. En yüksek değer depolamanın ilk günü 8.92 (log kob/ml) olarak, en düşük değer depolamanın son günü 7.35 (log kob/ml) olarak kaydedilmiştir [138].

Propionibacterium'lar bağırsak epitel hücrelerine yapışma ve gastrointestinal kanalda hayatta kalma yeteneği ve laktik asit bakteriler ile kombine edildiğinde bağırsak sistemindeki patojen bakterileri inhibe edebildikleri bilinmektedir [139]. *Propionibacterium*'ların ve laktik asit bakterilerinin kombinasyon halinde kullanıldığında etkileşimi ve olası antagonistik etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır [140]. Depolamanın 21. gününde canlı probiyotik sayılarında gözlemlenen azalma probiyotik bakterilerin metabolitlerinin birbirini etkilediğini [135]; ancak

depolama sonunda birbirlerine uyum sağladıkları düşünülmektedir. Maity ve ark. (2008) ve Yerlikaya ve ark. (2020)'nın elde ettiği sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir.



Şekil 13. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Depolama Süresince *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* Sayılarındaki Değişim

4.2.5.6. Küf-Maya Sayıları

Çalışmamızda üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerinde 28 günlük depolama süresince küf-maya gelişimi gözlenmemiştir. Üretim koşullarının hijyenik şartlara özen gösterilmiştir. Aynı zamanda kullanılan *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* üretmiş olduğu propiyonik asitin küf-maya gelişimini engellediği düşünülmektedir.

Aamer ve ark. (2017) yaptığı çalışmada kumkuat meyvesi içeren fonksiyonel peynir altı suyu üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda toplam bakteri sayısı 100 kob/ml iken koliform ve küf ve maya tespit edilmemiştir [141].

Tanwar ve ark. (2022) çalışmasında mango meyveli fonksiyonel peynir altı suyu içeceği üretmişlerdir. Kontrol grubu olarak %100 peynir altı suyunda 9 günlük depolama mikrobiyolojik analizler yapmışlardır. Sonuç depolamanın son gününe

kadar küf-maya gelişimi gözlemlenmemiştir. Son gün 2.50 ± 0.02 log kob/ml değeri kaydedilmiştir [117].

4.3. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Duyusal Özellikleri

4.3.1. Tat-Aroma Özellikleri

Depolama süresi boyunca fermente peynir altı suyu içeceklerin tat-aroma özellikleri değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 22’de gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğimizin tat-aroma kriterinde depolama boyunca meydana gelen değişimler önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur. Örnekler arası yapılan değerlendirmelerde 1. ve 28. günde meydana gelen değişimler önemsiz ($p > 0.05$) bulunurken, 7., 14. ve 21. günde meydana gelen değişimler önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Tat- aroma değerlendirmelerinde en yüksek ortalama BP fermente içeceği için kaydedilmiştir. En düşük puanı ise RP fermente içeceği almıştır.

Tablo 22. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Tat-Aroma Analizi Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	$6,80 \pm 3,27$	$7,40 \pm 1,34^B$	$7,80 \pm 0,83^B$	$7,40 \pm 2,50^A$	$7,20 \pm 1,92$
GP	$3,60 \pm 2,70$	$6,00 \pm 1,00^{AB}$	$5,80 \pm 1,92^B$	$5,80 \pm 1,78^{AB}$	$6,00 \pm 1,73$
RP	$3,40 \pm 0,54$	$4,00 \pm 2,44^B$	$3,20 \pm 2,77^A$	$3,00 \pm 1,87^B$	$5,20 \pm 2,16$
RHP	$4,20 \pm 1,92$	$5,20 \pm 1,92^{AB}$	$6,00 \pm 1,58^B$	$5,60 \pm 2,40^{AB}$	$4,40 \pm 2,88$

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

BP: *B. lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

4.3.2. Koku Özellikleri

Depolama süresi boyunca fermente peynir altı suyu içeceklerin koku özellikleri değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 23’te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğimizin koku kriterinde

depolama boyunca meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Örnekler arası yapılan değerlendirmelerde 21. ve 28. günde meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunurken, 1., 7. ve 14. günde meydana gelen değişimler önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Kokusu en çok beğenilen fermente içecek BP olurken düşük puan alan içecek GP fermente ieği olmuştur.

Tablo 23. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Koku Analizi Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	7,20±1,78 ^B	7,80±1,64 ^B	8,00±0,70 ^B	7,00±2,00	6,40±2,07
GP	2,60±2,50 ^A	5,20±1,09 ^A	4,80±2,68 ^A	5,60±1,94	5,00±1,73
RP	3,60±1,51 ^A	6,20±1,30 ^{AB}	5,80±2,28 ^{AB}	4,20±2,28	5,80±1,09
RHP	4,40±0,54 ^A	5,80±1,30 ^A	4,00±2,12 ^A	5,40±2,07	5,40±3,57

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

4.3.3. Kıvam Özellikleri

Depolama süresi boyunca fermente peynir altı suyu içeceklerin koku özellikleri değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 24'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu ieğimizin koku kriterinde depolama boyunca meydana gelen değişimler BP ve RHP fermente içecekleri için önemsiz ($p>0.05$) bulunmuşken, GP ve RP fermente içecekleri için önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Fermente peynir altı suyu ieceklerimiz kıvam değerlendirmesi bakımından birbirine yakın değerler almış ve aralarındaki fark önemsiz ($p>0.05$) kabul edilmiştir.

En yüksek değeri BP fermente ieği 8,20 ile alırken, en düşük puanı 1. gün RP ve RHP fermente ieği almıştır.

Yapılan viskozite analizleri sonucunda (Tablo 16) elde edilen verilerinden çok büyük fark olmadığı görülmektedir. Duyusal analizlerde kıvam özelliklerinin örnekler arası önemsiz bulunmasının nedeni, viskozite analiz sonuçlarının örnekler arası çok

büyük bir değişim göstermemesinden kaynakladığı düşünülmektedir. Slozhenkina ve ark. (2020) yaptığı çalışmada, peynir altı suyu içeceğinin kıvam olarak panelistlerden 5 puanlık değerlendirme aralığında, en yüksek 5, en düşük 2 puan aldığı görülmüştür.

Tablo 24. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Kıvam Analizi Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	5,80±1,78	8,20±0,83	7,00±1,22	8,20±1,30	7,80±1,64
GP	5,00±0,00 ^a	7,00±1,73 ^b	6,20±1,09 ^{ab}	7,80±1,30 ^b	7,40±1,81 ^b
RP	4,80±0,44 ^a	7,40±0,54 ^b	6,40±1,34 ^{ab}	7,20±1,78 ^b	7,00±2,00 ^b
RHP	4,80±0,44	6,80±1,30	6,60±1,14	8,00±1,22	6,20±2,77

a,b,c,d :Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
A,B,C :Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.
BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

4.3.4. Genel Görüş Özellikleri

Depolama süresi boyunca fermente peynir altı suyu içeceklerin genel görüş kriteri değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 25'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda fermente peynir altı suyu içeceğimizin genel görüş kriterinde depolama boyunca meydana gelen değişimler önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Örnekler arası yapılan değerlendirmelerde meydana gelen değişimler sadece 1. gün için önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Genel değerlendirmelerde en yüksek puanı 8 ile BP fermente içeceği almışken, en düşük puanı RP fermente içeceği almıştır.

Tablo 25. Fermente Peynir Altı Suyu İçeceklerin Genel Görüş Analizi Sonuçları

Örnekler	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	28
BP	7,20±1,48 ^B	7,60±1,51	8,00±1,00	7,20±2,48	8,00±0,70
GP	3,60±2,70 ^A	6,00±1,00	5,80±2,16	7,00±1,58	6,80±2,04
RP	3,00±1,00 ^A	5,20±1,48	4,60±2,70	4,20±3,03	6,40±2,70

RHP	4,20±0,83 ^A	5,60±1,67	6,60±1,81	6,80±2,28	6,40±2,88
-----	------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

a,b,c,d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

A,B,C : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler $p<0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

BP: *B.lactis* BB12 ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, GP: *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RP: *L. reuteri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, RHP: *L. rhamnosus* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii*

Slozhenkina ve ark. (2020) fonksiyonel fermente peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları duyusal analizde panelistlerin 5 puanlık ölçekte ürünleri değerlendirmeleri istenmiştir. Analiz sonucunda tatlandırıcılar ve bitkisel içeriklerle zenginleştirilmiş örneklerin daha fazla beğenildiği ortaya konmuştur [142].

Çelik ve ark. (2018) yılında yaptığı çalışmada farklı oranlarda nar suyu karışımı ile peynir altı suyu içeceği üretimi gerçekleştirmiştir. Duyusal analiz kapsamında panelistlerin içecekleri 9 puanlık ölçekte değerlendirmeleri istenmiştir. Sonuç olarak ürünlerin peynir altı suyu oranları arttıkça içeceklerin beğenilirliği azalmıştır. En düşük puan olan 1.677'yi peynir altı suyu oranı en yüksek olan içecek almıştır [143].

Panghal ve ark. (2017) yaptığı çalışmada, papaya meyve katkılı fonksiyonel peynir altı suyu içeceği üretmişlerdir. %100 peynir altı suyundan oluşan içecekler beslenme kalitesi yüksek içecekler olmasına rağmen aroma, tat ve kabul edilebilirlik parametreleri için en düşük puanı alan örnekler olmuştur [144].

Fermente peynir altı suyu içeceklerinin kabul edilebilirlik seviyesini artırmak için çeşitli meyve suları, pulpları, tatlandırıcılar ve aroma vericilerin kullanıldığı görülmüştür. Bu tez çalışması kapsamında yer almasa da bu tarz ürünlerin aroma vericilerle çeşitlendirilmesi tavsiye edilebilir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda endüstrisinde besin açısından zengin bileşenlere sahip ve tüketiciler tarafından sevilerek tercih edilen büyük bir fonksiyonel gıda grubu geliştirilmiştir. Fonksiyonel gıda grubunda süt ve süt ürünlerinin payı daha büyük olup, sağlık ve beslenme özellikleri açısından zenginleştirilip inovatif ürünler geliştirilmekte ve çalışmalar devam etmektedir.

Peynir üretiminin bir yan ürünü olan peynir altı suyu genellikle ya atık olarak bertaraf edilmekte ya da hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Ancak peynir altı suyunun ilk olarak sahip olduğu zengin besin değerinden ve yüksek ekonomik değerinden dolayı hem kendisi hem de peynir altı suyu içeren gıdalar bu yeni ürünler arasında kendine önemli bir yer edinmiştir. Çalışmamızda peynir altı suyunu değerlendirebileceğimiz fonksiyonel fermente peynir altı suyu içeceği üretimi amaçlanmıştır. Fermente peynir altı suyu içeceğini üretmek için kullandığımız probiyotik starter kültürleri özellikle teröpatik pek çok etkisi kanıtlanmış *L. rhamnosus*, *B.lactis* BB12, *L. reuteri*, *L. gasseri* ve *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* kültürlerinin birlikte fermentasyon sürecine etkisini gözlemlemek sonrasında içeceğin raf ömrü boyunca fonksiyonel özelliklerinin devamlılığını sağlamak, aynı zamanda laktulozun farklı probiyotik mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerinin, 1., 7., 14., 21. ve 28. depolama gününde kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşal olarak değerlendirilmiştir.

Fermente peynir altı suyu içeceklerinde yapılan kuru madde analizi ile elde edilen kuru madde miktarlarına göre fermente içeceklerde %8,4 seviyesinde bir kuru madde elde edilmiştir. İçeceklerin sahip olduğu kuru madde oranları yapılan ön değerlendirmeler ve literatür taramalarına istinaden ayarlanmıştır. Fermente içeceklerin kül, protein, karbonhidrat içerikleri sahip oldukları kuru madde miktarına bağlı olarak farklılık göstermiştir.

Renk ölçümlerinde fermente peynir altı suyu içecekleri peynir altı suyuna has renk olan yeşilimsi sarı renk görülmüştür. Fermente peynir altı suyu içeceklerinde depolamanın son günü L*(aydınlık) değeri ortalama 67,2, a* değeri -5,4, b* değeri 12,9 değerlerinde ölçülmüştür. Örnekler arası farklar önemli bulunmamıştır. Fermente

içeceklerde kullanılan probiyotik starter kültürlerin içeceklerin renk parametrelerini etkilemediği düşünülmektedir.

Fermente peynir altı suyu içeceklerinde asitlik, depolama süreci boyunca artmaktadır. Patojen ve gıdayı bozan mikroorganizmaların gelişmesini önlemek amacıyla asitlik seviyesinin artması önem arz etmektedir. Fermente içeceklerde gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler sonuçlarına göre, probiyotik bakterilerin depolama süreci boyunca canlılıklarını korunduğu ve maya küf gelişiminin olmadığı gözlemlenmiştir. WHO ve FAO tarafından İnsan sağlığına yararlı etkiler sağlaması için ürünlerin içerdiği probiyotik bakteri sayısının 10^6 - 10^7 kob/g seviyesinde olması gerektiği bildirilmiştir. Ülkemizde fermente sütler tebliğinde ise probiyotik olarak ilave edilen mikroorganizma sayısının en az 10^6 kob/ml seviyesinde olması gerektiği bildirilmektedir. Çalışmada üretilen fermente peynir altı suyu içeceklerinde depolama süresince probiyotik bakteri sayısının 10^8 - 10^9 kob/ml seviyesinde olması geliştirilen ürünün yasal çerçevede probiyotik sayısına sahip olduğunu ortaya koyduğu gibi aynı zamanda ürünün fonksiyonel probiyotik bir içecek olduğunu da göstermiştir. Elde edilen sonuçlar ürün içeriğindeki mikroorganizma sayısının arzu edilen seviyede olduğunu ortaya koymaktadır, ancak bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda içeceklerin sindirim sonrasında in vitro ortamda probiyotik canlı sayısının belirlenmesi önerilmektedir.

Depolama süresi boyunca fermente içeceklerdeki *Propionibacterium* canlılığını muhafaza etmiştir. Canlı bakteri sayıları 8 log kob/ml seviyesinin üzerinde kaydedilmiştir. Sonuçlara bakıldığında en iyi *Lactacaseibacillus rhamnosus* probiyotik kültürü ile çalıştığı tespit edilmiştir.

Duyusal analiz sonuçlarında en çok beğenilen içecek BP fermente içeceği olmuştur. Tat-aroma olarak en az beğenilen içecek RP fermente içeceği, koku parametresi kapsamında en düşük puanı GP fermente içeceği almıştır. *Lactacaseibacillus reuteri* ve *Lactacaseibacillus gasseri* en az beğenilen ürünler olmasının nedeni bu iki probiyotik kültürün daha çok teröpatik özellikleri üzerine yoğunlaşılıp, gıdalarda kullanımı üzerine yapılan çalışmaların kısıtlı olmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Özellikle koku parametresinin iilebilirliği etkilediği düşülmektedir. Bu yüzden bu içeceklerde aromalandırma ve tatta iyileştirme yapılması tavsiye edilmektedir.

Son yıllarda gelişen ve değişen beslenme alışkanlıkları, yeni sağlıklı fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi gerektiğini de beraberinde getirmiştir. Fonksiyonel gıdaların küresel pazarı hızla genişlemekte olup, bu büyüme potansiyelinin öncüleri arasında probiyotik ürünler bulunmaktadır. Probiyotik bakterilerin entegrasyonu ile ilgili ürünleri geliştirmek için yoğun bir araştırma ve geliştirme faaliyeti yürütülmektedir. Peynir altı suyu bu alanda kendisine geniş bir yer bulacak besinsel değere sahiptir. Çalışmadan elde edilen sonuçların geliştirilmesi ile fermente peynir altı suyu içeceği üretimine fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda geleceğimiz açısından, gıda atıklarının değerlendirilmesi ile temiz çevre bilincinin artması ve sürdürülebilir gıda üretimi konusunda daha fazla çaba harcanarak toplumun duyarlılık düzeyi artırılmalıdır.



KAYNAKÇA

- [1] Söbeli C, Doğan S, Değerli Bir Atık Olan Peynir Altı Suyunun Probiyotik Fermente İçecek Üretiminde Kullanımı. 7. International Students Science Congress Proceeding Book, 2023, 143–149.
- [2] I. Jeličić, R. Božanić, L. Tratnik, Whey-Based Beverages-A New Generation Of Dairy Products. 2008, 58 (3), 257-274.
- [3] M. P. Ryan, G. Walsh, The Biotechnological Potential Of Whey, Reviews. Environmental Science And Biotechnology, 2016, 15 (3), 479–498.
- [4] Ağırbaşı Z., Potential Of Lactic Acid Bacteria To Produce Functional Fermented Whey With Putative Antihypertensive Properties : Enrichment Of Angiotensin-I Converting Enzyme (Ace)-Inhibitory Peptides And Gamma- Amino Butyric Acid (Gaba). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gıda Mühendiliği Ana Bilim Dalı, İzmir, 2023, 150 (Doktora Tezi)
- [5] A. M. Shah, N. Tarfeen, H. Mohamed, Y. Song, Fermented Foods: Their Health-Promoting Components And Potential Effects On Gut Microbiota, Fermentation. Mdpı, Feb. 01, 2023, 9(2), 118.
- [6] E. Zandona, M. Blažić, A. Režek Jambrak, Whey Utilisation: Sustainable Uses And Environmental Approach. Food Technology And Biotechnology, Apr. 01, 2021, 59(2),147–161.
- [7] M. Sady, D. Najgebauer-Lejko, J. Domagała, The Suitability Of Different Probiotic Strains For The Production Of Fruit-Whey Beverages, Acta Sci Pol Technol Aliment, 2017, 16(4), 421–429.
- [8] A. R. Madureira, C. I. Pereira, K. Truszkowska, A. M. Gomes, M. E. Pintado, F. X. Malcata, Survival Of Probiotic Bacteria İn A Whey Cheese Vector Submitted To Environmental Conditions Prevailing İn The Gastrointestinal Tract. International Dairy Journal, Jun. 2005, 15(2005),921–927.
- [9] Özer B. H., Kirmaci H. A., Functional milks and dairy beverages. International Journal of Dairy Technology, 2010, 63(1), 1–15.
- [10] K. E. Almeida, A. Y. Tamime, M. N. Oliveira, Acidification Rates Of Probiotic Bacteria İn Minas Frescal Cheese Whey. Lwt, 2008, 1(2), 311–316.
- [11] Güngör G., Probiyotik Starter Kültür ve Propionibacterium Ssp. Tarafından Kullanılarak Vegan Fermente İçecek Üretimi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2023, 91. (Yüksek Lisans Tezi).
- [12] K. Piwowarek, E. Lipińska, E. Hać-Szymańczuk, M. Kieliszek, I. Ścibisz, Propionibacterium spp. source of propionic acid, vitamin B₁₂, and other metabolites

important for the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2018, 102(2), 515–538.

[13] F. J. Cousin, Dairy Propionibacteria As Human Probiotics: A Review Of Recent Evidence. *Dairy Science And Technology*, 2011, 91(1), 1–26.

[14] C. P. Champagne, Whey Fermentation By Immobilize Cells Of Propionibacterium Shermanii. *Journal Of Applied Bacteriology*, 1989, 66(1), 175-184.

[15] Ramesh C. Chandan, Arun Kilara, Dairy-Based Ingredients. *Dairy Processing and Quality Assurance*, 2016, 197-213.

[16] N. P. Shah, Functional Foods from probiotics and prebiotics food technology. *Food Technology*, 2001, 55 (11), 46–53.

[17] W. H. Holzapfel, U. Schillinger, Introduction To Pre-And Probiotics. *Food Research International*, 2002, 35(2002), 109-116.

[18] H.S. Shin, J.H. Lee, J. J. Pestka, Z. Ustunol, Growth And Viability Of Commercial Bifidobacterium Spp In Skim Milk Containing Oligosaccharides And Inulin. *Journal Of Food Science*, 2000 65(5), 884-887.

[19] Prof. Dr. Özden A., “Laktuloz-Prebiyotik (Lactulose),” Ankara Güncel Gastroenteroloji, 2005.

[20] Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği, 2015/6, madde 4.

[21] Kavaz Yüksel A., Peynir Altı Suyunun Çeşitli Özellikleri ve Kullanım Olanakları. *Ksü Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2002, 22(3), 115-125.

[22] C. Mollea, L. Marmo, F. Bosco, “Valorisation of Cheese Whey, a By-Product from the Dairy Industry. *Food Industry*, 2013, 550-588.

[23] J. N. De Wit, Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *J Dairy Sci*, 1998, 81(3), 597–608.

[24] M. D. Pérez, M. Calvo, Interaction Of B-Lactoglobulin With Retinol And Fatty Acids And Its Role As A Possible Biological Function For This Protein: A Review. *J Dairy Sci*, 1995, 78(5), 978–988.

[25] Yerlikaya O., Kınık Ö., Akbulut N., Peynir Altı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peynir Altı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri. *Gıda*, 2010, 35(4), 289-296.

- [26] R. L. Walzem, C. J. Dillard, J. B. German, Whey Components: Millennia Of Evolution Create Functionalities For Mammalian Nutrition: What We Know And What We May Be Overlooking, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2002, 42(4), 353– 375.
- [27] TÜİK, (2022) Tarım Ürünleri Piyasaları Agricultural Products Markets, 2022.
- [28] A. Kotoulas, Second Cheese Whey Treatment Using Zeolite Under Continuous Flow Mode And Its Application On Wheat Growth. *Water*, 2019, 11(5),928.
- [29] C. Pereira, M. Henriques, D. Gomes, A. Gomez-Zavaglia, Graciela De Antoni, Novel Functional Whey-Based Drinks With Great Potential In The Dairy Industry. *Food Technol. Biotechnol*, 2015, 53(3), 307-314.
- [30] Hasan M., Peynir Altı Suyunun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, 2012, 1.
- [31] M. K. Youssef, S. Barbut, Effects Of Two Types Of Soy Protein Isolates, Native And Preheated Whey Protein Isolates On Emulsified Meat Batters Prepared At Different Protein Levels. *Meat Sci*, 2011, 87(1), 54–60.
- [32] E. O. D. Da Silveira, J. H. Lopes Neto, L. A. Da Silva, A. E. S. Raposo, M. Magnani, H. R. Cardarelli, The Effects Of İnulin Combined With Oligofructose And Goat Cheese Whey On The Physicochemical Properties And Sensory Acceptance Of A Probiotic Chocolate Goat Dairy Beverage. *Lwt*, 2015, 62(1), 445–451.
- [33] T. S. Abdulalim, A. F. Zayan, P. H. Campelo, A. M. Bakry, Development Of New Functional Fermented Product: Mulberry-Whey Beverage. *Journal Of Nutrition, Food Research And Technology*, 2018, 1(3), 64–69.
- [34] F. P. Souza, The Addition Of Xyloligoosaccharide İn Strawberry-Flavored Whey Beverage, *Lwt*, 2019, 109, 118–122.
- [35] S. Arsić, M. Bulatović, D. Zarić, G. Kokeza, J. Subić, M. Rakin, Functional Fermented Whey Carrot Beverage-Qualitative, Nutritive And Techno- Economic Analysis. *Romanian Biotechnological Letters*, 2018, 23(2), 13496.
- [36] M. Djurić, M. Carić, S. Milanović, M. Tekić, M. Panić, Development Of Whey-Based Beverages. *European Food Research And Technology*, 2004, 321–328.
- [37] Güzeller N., Production Of Fermented Cheese Whey-Based Beverage Using Kefir Culture Some Properties And Effects Of Storage Period. *Çukurova Üni. Ziraat Fak.*, 2014, 29(2), 29-42.

- [38] E. Nedanovska, K. L. Jakopović, D. Daniloski, R. Vaskoska, T. Vasiljevic, I. Barukčić, Effect Of Storage Time On The Microbial, Physicochemical And Sensory Characteristics Of Ovine Whey-Based Fruit Beverages. *Int J Food Sci Technol*, 2022, 57(8), 5388–5398.
- [39] C. R. Shraddha Rc, K. A. Nalawade T, Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits And Applications. *J Food Process Technol*, 2015, 6(10), 2157-7110.
- [40] G. Dragone, S. I. Mussatto, J. M. Oliveira, J. A. Teixeira, Characterisation Of Volatile Compounds In An Alcoholic Beverage Produced By Whey Fermentation. *Food Chem*, 2009, 112(4), 929–935.
- [41] Dr. Paul J. Cribb, U.S. Whey Proteins In Sports Nutrition. U.S. Dairy Export Council, 2014, 10(4), 1-12.
- [42] E. Ha, M. B. Zemel, Functional Properties Of Whey, Whey Components, And Essential Amino Acids: Mechanisms Underlying Health Benefits For Active People (Review). *Journal Of Nutritional Biochemistry*, 2003, 14(5), 251–258.
- [43] K. Piwowarek, E. Lipińska, E. Hać-Szymańczuk, M. Kieliszek, I. Ścibisz, *Propionibacterium Spp.* Source Of Propionic Acid, Vitamin B12, And Other Metabolites Important For The Industry,” *Applied Microbiology And Biotechnology*, 2018, 102(2), 515- 538.
- [44] Seyhan E., Fonksiyonel Fermente Peynir Altı Suyu İçeceği Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2012, 102, (Yüksek Lisans Tezi)
- [45] L. S. Rosa, Antiproliferative And Apoptotic Effects Of Probiotic Whey Dairy Beverages In Human Prostate Cell Lines. *Food Research International*, 2020, 137(11), 137.
- [46] E. Suchkova, Effect Of Ultrasonic Treatment On Metabolic Activity Of *Propionibacterium Shermanii*, Cultivated In Nutrient Medium Based On Milk Whey. *Agronomy Research*, 2014, 12(3), 695-704.
- [47] W. H. Holzapfel, P. Haberer, J. Snel, U. Schillinger, J. H. J. Huis In't Veld, Overview Of Gut Flora And Probiotics. *International Journal Of Food Microbiology*, 1998, 41, 85-101.
- [48] M. Saarela, G. Mogensen, R. Fondén, J. Mättö, T. Mattila-Sandholm, Probiotic Bacteria: Safety, Functional And Technological Properties. *Journal Of Biotechnology*, 2000, 84, 197-215.

- [49] Wilhelm H Holzapfel, Taxonomy And Important Features Of Probiotic Microorganisms In Food And Nutrition. American Society For Clinical Nutrition, 2001, 73, 365.
- [50] Sağdıç O., Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonksiyonel Özellikleri, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 2004, 35(3-4), 221-228.
- [51] Marcel B Roberfroid, Prebiotics And Probiotics: Are They Functional Foods. American Society For Clinical Nutrition, 2000, 1682-7.
- [52] L. A. D. Julia, Bewaschuk, Probiotics And Prebiotics In Chronic Inflammatory Bowel Diseases. World Journal Of Gastroenterology, 2006, 1007, 5941-5950.
- [53] Erk G., Farklı Bitkisel İçecekler ile Vegan Peynir Benzeri Ürün Üretimi Ve Ürünlerin İn Vitro Sindirim Sonrası Antioksidan Aktivite Ve Probiyotik Bakteri Biyoerişebilirliğinin Belirlenmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Manisa, 2021, 140, (Yüksek Lisans Tezi).
- [54] G. Reuter, Lactobacillus And Bifidobacterium 43 The Lactobacillus And Bifidobacterium Microflora Of The Human Intestine: Composition And Succession. Curr. Issues Intest. Microbiol, 2001, 2(2), 43-53.
- [55] M. Jungersen, A. Wind, E. Johansen, J. E. Christensen, B. Stuer-Lauridsen, D. Eskesen, The Science Behind The Probiotic Strain Bifidobacterium Animalis Subsp. Lactis Bb-12. Microorganisms, 2014, 2(2), 92-110.
- [56] A. K. L. Yong, K. W. Lai, H. M. Ghazali, L. S. Chang, L. P. Pui, Microencapsulation Of Bifidobacterium Animalis Subsp. Lactis Bb-12 With Mannitol. Asia Pac J Mol Biol Biotechnol, 2020, 28(2), 32-42.
- [57] K. Skryplonek, I. Dmytrów, A. Mituniewicz-Malek, Probiotic Fermented Beverages Based On Acid Whey. J Dairy Sci, 2019, 102(9), 7773-7780.
- [58] J. P. Euzeby, List Of Bacterial Names With Standing In Nomenclature: A Folder Available On The Internet. International Union Of Microbiological Societies, 1997, 590-592.
- [59] K. Makarova, Comparative Genomics Of The Lactic Acid Bacteria, Pnas, 2006, 103(42), 15611-15616.
- [60] L. Capurso, Thirty Years Of Lactobacillus Rhamnosus Gg A Review. Journal Of Clinical Gastroenterology, 2019, 53(1), 1-41.

- [61] J. Montero-Zamora, M. Cortés-Muñoz, P. Esquivel, J. A. Mora-Villalobos, C. Velázquez, Growth Conditions And Survival Kinetics During Storage Of *Lactobacillus Rhamnosus* Gg For The Design Of A Sustainable Probiotic Whey-Based Beverage Containing Costa Rican Guava Fruit Pulp. *J Food Sci*, 2020, 85(10), 3478–3486.
- [62] Hein J. Boot, The Presence Of Two S-Layer-Protein-Encoding Genes Is Conserved Among Species Related To *Lactobacillus Acidophilus*. *Microbiology*, 1996, 142, 2375-2384.
- [63] B. Pot, Christian Hertel, W. Ludwig, P. Descheemaeker, K. Kersters', K.-H. Schleifer, Identification And Classification Of *Lactobacillus Acidophilus*, *Lo Gasseri* And *Lo Johnsonii* Strains By Sds-Page And Rrna-Targeted Oligonucleotide Probe Hybridization. *Journal Of General Microbiology*, 139. 513-517, 1993.
- [64] M. E. Sanders, Safety Assessment Of Probiotics For Human Use, *Gut Microbes*. Landes Bioscience, 2010, 1(3), 164–185.
- [65] F. Gasser, Electrophoretic Characterization Of Lactic Dehydrogenases In The Genus *Lactobacillus*. *Journal Of General Microbiology*, 1970, 62, 223-239.
- [66] J. B. Luchansky, M. C. Tennant, T. R. Klaenhammer, Molecular Cloning And Deoxyribonucleic Acid Polymorphisms In *Lactobacillus Acidophilus* And *Lactobacillus Gasseri*, *J Dairy Sci*, 1991, 74(10), 3293–3302.
- [67] E. Lauer And O. Kandler, *Lactobacillus Gasseri* Sp. Nov., A New Species Of The Subgenus *Thermobacterium*. *Zentralblatt Fur Bakteriologie. Allgemeine Angewandte Und Okologische Microbiologie*, 1980, 1(1), 75–78.
- [68] S. Fanaro, R. Chierici, P. Guerrini, V. Vigi, Intestinal Microflora In Early Infancy: Composition And Development. *International Journal Of Paediatrics, Supplement*. 2003, 48-55.
- [69] K. Selle, T. R. Klaenhammer, Genomic And Phenotypic Evidence For Probiotic Influences Of *Lactobacillus Gasseri* On Human Health. *Fems Microbiology Reviews*, 2013, 37(6), 915–935.
- [70] S. Mikky, E. Ibrahim, H. Elbarbary, H. Mohamed, Impact Of *Lactobacillus Gasseri* And Its Bacteriocin On The Quality Of Drinkable Yoghurt, *Alex J Vet Sci*, 2021, 69(1), 33.
- [71] G. Reuter, *Lactobacillus* And *Bifidobacterium* 43 The *Lactobacillus* And *Bifidobacterium* Microflora Of The Human Intestine: Composition And Succession, *Microbiol*, 2001, 2(2), 43 53.

- [72] T. L. Talarico, W. J. Dobrogosz, Chemical Characterization Of An Antimicrobial Substance Produced By *Lactobacillus Reuteri*. *Antimicrobiyal Agent And Chemotherapy*, 1989, 674-679.
- [73] T. L. Talarico, I. A. Casas, T. C. Chung, W. J. Dobrogosz¹, “Production And Isolation Of Reuterin, A Growth Inhibitor Produced By *Lactobacillus Reuteri*,” *Antimicrobiyal Agent And Chemotherapy*, 1854, 1854-1858.
- [74] D. M. Saulnier, Exploring Metabolic Pathway Reconstruction And Genome-Wide Expression Profiling In *Lactobacillus Reuteri* To Define Functional Probiotic Features. *Plos One*, 2011, 6(4),18783.
- [75] T. L. Talarico, W. J. Dobrogosz, Purification And Characterization Of Glycerol Dehydratase From *Lactobacillus Reuteri*, *Applied And Environmental Microbiology*, 1990, 1195-1197.
- [76] V. C. Molina, M. Médici, M. P. Taranto, G. Font De Valdez, *Lactobacillus Reuteri* Crl 1098 Prevents Side Effects Produced By A Nutritional Vitamin B12 Deficiency, *J Appl Microbiol*, 2009, 106(2), 467–473.
- [77] A. Hernandez-Mendoza, V. J. Robles, J. O. Angulo, J. De, L. Cruz, H. S. Garcia, Preparation Of A Whey-Based Probiotic Product With *Lactobacillus Reuteri* And *Bifidobacterium Bifidum*. *Food Technol. Biotechnol*, 2007, 45 (1), 27-31.
- [78] A. McDowell, I. Nagy, M. Magyari, E. Barnard, S. Patrick, The Opportunistic Pathogen *Propionibacterium Acnes*: Insights Into Typing, Human Disease. Clonal Diversification And Camp Factor Evolution, *Plos One*, 2013, 8(9), 70897.
- [79] O. Andreoletti, Scientific Opinion On The Maintenance Of The List Of Qps Biological Agents Intentionally Added To Food And Feed. *Efsa Journal*, 2013, 11(11), 3449.
- [80] H. Rabah, F. L. R. Do Carmo, G. Jan, Dairy *Propionibacteria*: Versatile Probiotics. *Microorganisms*, 2017, 5(2), 24.
- [81] K. Piwowarek, E. Lipińska, E. Hać-Szymańczuk, M. Kieliszek, I. Ścibisz, *Propionibacterium Spp.* Source Of Propionic Acid, Vitamin B12, And Other Metabolites Important For The Industry. *Applied Microbiology And Biotechnology*, 2018, 102(2), 515–538.
- [82] B. Chamlagain, Effect Of The Lower Ligand Precursors On Vitamin B12 Production By Food-Grade *Propionibacteria*. *Lwt*, 2016, 72, 117–124.

- [83] C. Xie, In Situ Fortification Of Vitamin B12 İn Wheat Flour And Wheat Bran By Fermentation With *Propionibacterium Freudenreichii*. *J Cereal Sci*, 2018, 81, 133–139.
- [84] Maity T.K., Development Of Healthy Whey Drink With *Lactobacillus Rhamnosus*, *Bifidobacterium Bifidum* And *Propionibacterium Freudenreichii* Subsp. *Shermanii*. *Development Of Healty*, 2008, 58 (4) 315-325.
- [85] V. A. Rao, The Prebiotic Properties Of Oligofructose At Low İntake Levels. *Nutrition Research*, 2001, 21, 843-848.
- [86] S. P. Marx, S. Winkler, W. Hartmeier, Metabolization Of İ2-(2,6)-Linked Fructose-Oligosaccharides By Different *Bifidobacteria*. *Fems Microbiol Lett*, 2000, 182(1), 163–169.
- [87] G. R. G. Thea Scantlebury Manning, 5 Prebiotics. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 2004, 18(2), 287–298.
- [88] Sağdıç O., Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonksiyonel Özellikleri, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2004, 35 (3-4) , 221-228.
- [89] A. H. Dinçoğlu, J. Rugji, Use Of Rose Oil İn Probiotic Fermented Whey As A Functional Food. *J Food Sci Technol*, 2021, 58(7), 2705–2713.
- [90] M. Pázmándi, Z. Kovács, A. Maráz, Potential Of *Lactobacillus* Strains For The Production Of Fermented Functional Beverages Enriched İn Galacto-Oligosaccharides. *Lwt*, 2021, 143, 111097.
- [91] J. F. Guest, J. P. Clegg, M. T. Helter, Cost-Effectiveness Of Macrogol 4000 Compared To Lactulose İn The Treatment Of Chronic Functional Constipation İn The Uk. *Curr Med Res Opin*, 2008, 24(7), 1841–1852.
- [92] M. Aider, D. De Halleux, Isomerization Of Lactose And Lactulose Production: Review. *Trends Food Sci Technol*, 2007, 18(7), 356–364.
- [93] K. M. Tuohy, C. J. Ziemer, A. Klinder, Y. Knöbel, B. L. Pool-Zobel, And G. R. Gibson, A Human Volunteer Study To Determine The Prebiotic Effects Of Lactulose Powder On Human Colonic Microbiota. *Microb Ecol Health Dis*, 2002, 14(3), 165–173.
- [94] N. S. Eki., Effect Of Lactulose On Calcium And Magnesium Absorption: A Study Using Stable Isotopes İn Adult Men, *J Nurtr Sci Vitaminol*, 2007, 53, 5- 12.

- [95] Van Den Heuvel, T. Muijs, W. Van Dokkum, G. Schaafsma, Lactulose Stimulates Calcium Absorption In Postmenopausal Women, *Journal Of Bone And Mineral Research*, 1999, 14(7), 1211–1216.
- [96] O. Ben Moussa, M. Boulares, M. Chouaibi, M. Mzoughi, M. Hassouna, Effects Of Lactulose Levels On Yoghurt Properties, *Ital. J. Food Sci.*, 2019, 31, 782.
- [97] E. Lu, M. Yeung, C. K. Yeung, Comparative Analysis Of Lactulose And Fructooligosaccharide On Growth Kinetics, Fermentation, And Antioxidant Activity Of Common Probiotics, *Food Nutr Sci*, 2018, 09(03), 161–178.
- [98] AOAC. International. Official Methods of Analysis of AOAC International. Associatio. Washington DC: 17; 2000.
- [99] AOAC (2005) Official methods of analysis of AOAC International, 18th edn. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists International. Method 930.15
- [100] M. Wszolek, A. Y. Tamime, D. D. Muir, M. N. I. Barclay, Properties of Kefir made in Scotland and Poland using Bovine, Caprine and Ovine Milk with Different Starter Cultures. *LWT*, 2001, 34(4), 251–261.
- [101] M. D. Sharp, D. J. McMahon, J. R. Broadbent, Comparative Evaluation Of Yogurt And Low-Fat Cheddar Cheese As Delivery Media For Probiotic *Lactobacillus Casei*. *J Food Sci*, 2008, 73(7), 375-377.
- [102] Y. E. Dommels, Survival Of *Lactobacillus Reuteri* Dsm 17938 And *Lactobacillus Rhamnosus* Gg In The Human Gastrointestinal Tract With Daily Consumption Of A Low-Fat Probiotic Spread. *Appl Environ Microbiol*, 2009, 75(19), 6198–6204.
- [103] J. Süle, T. Korösi, A. Hucker, L. Varga, Evaluation Of Culture Media For Selective Enumeration Of *Bifidobacteria* And *Lactic Acid Bacteria*. *Brazilian Journal Of Microbiology*, 2014, 45(3), 1023-1030.
- [104] Yerlikaya O., Fermented Probiotic Beverages Produced With Reconstituted Whey And Cow Milk: Sensorial And Rheological Properties Cholesterol Levels And Some Nutritional Parameters Of Traditional Turkish Cheeses In Turkey. *Agro Food Industry Hi Tech*, 2020, 26(4), 392-402.
- [105] S. Senses-Ergul, R. Ágoston, Á. Belák, T. Deák, Characterization Of Some Yeasts Isolated From Foods By Traditional And Molecular Tests. *Int J Food Microbiol*, 2006, 108(1), 120–124.

- [106] Yerlikaya O., Akpınar A., Uysal H., F. Artemis Torunoğlu, Necati Akbulut, Effect Of Some Prebiotic Combination On Viability Of Probiotic In Reconstituted Whet And Milk Beverages, *Agro Food Industry Hi Tech*, 2012, 23(6).
- [107] T. S. Abdulalim, A. F. Zayan, P. H. Campelo, A. M. Bakry, Development Of New Functional Fermented Product: Mulberry-Whey Beverage. *Journal Of Nutrition, Food Research And Technology*, 2018, 1(3), 64–69.
- [108] D. R. Janiaski, T. C. Pimentel, A. G. Cruz, S. H. Prudencio, Strawberry-Flavored Yogurts And Whey Beverages: What Is The Sensory Profile Of The Ideal Product. *J Dairy Sci*, 2016, 99(7), 5273–5283.
- [109] S. Arsić, M. Bulatović, D. Zarić, G. Kokeza, J. Subić, M. Rakin, Functional Fermented Whey Carrot Beverage-Qualitative, Nutritive And Techno- Economic Analysis. *Romanian Biotechnological Letters*, 2018, 23(2), 13496.
- [110] A. T. S. E Alves, L. M. Spadoti, P. B. Zacarchenco, F. K. H. S. Trento, Probiotic Functional Carbonated Whey Beverages: Development And Quality Evaluation. *Beverages*, 2018, 483), 49.
- [111] M. Adnan Idan, S. Ghazi Al-Shawi, N. A. Khudhair, Developing Of Grape-Flavored Whey Probiotic Beverage. *Annals Of R.S.C.B.*, 2021, 25, 4732-4741.
- [112] J. Jitpakdee, D. Kantachote, H. Kanzaki, T. Nitoda, Potential Of Lactic Acid Bacteria To Produce Functional Fermented Whey Beverage With Putative Health Promoting Attributes. *Lwt*, 2022, 160, 113296.
- [113] S. Luo, T. A. Demarsh, D. Deriancho, A. Stelick, S. D. Alcaine, Characterization Of The Fermentation And Sensory Profiles Of Novel Yeast- Fermented Acid Whey Beverages. *Food*, 2021, 10, 1204.
- [114] S. M'hir, A. Mejri, H. Atrous, L. Ayed, Optimization Of Parameters Using Response Surface Methodology To Develop A Novel Kefir-Like Functional Beverage From Cheese Whey Enriched With Myrtle Juice. *J Chem*, 2021, 2021, 13.
- [115] M. Pescuma, E. M. Hébert, F. Mozzi, G. Font de Valdez, Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *J Food Microbiol*, 2010, 141(1–2), 73–81.
- [116] Kalkan S., Probiyotik Laktik Asit Bakterilerinin *Staphylococcus aureus*'a Karşı Antimikrobiyel Etkilerinin Farklı Matematiksel Modeller ile Analizi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Sinop*, 2016, 1(2), 150-159.

- [117] T. Kumar Tanwar, R. Wagh, N. Mehta, O. Malav, S. Kour, P. Kumar, Preparation Of Functional Beverage From Whey-Based Mango Juice. *The Pharma Innovation Journal*, 2022, 11(7), 4710–4716.
- [118] S. M'hir, Functional Exploitation Of Carob, Oat Flour, And Whey Permeate As Substrates For A Novel Kefir-Like Fermented Beverage: An Optimized Formulation, *Foods*, 2021.
- [119] N. Dinkçi, V. Akdeniz, A. S. Akalın, Probiotic Whey-Based Beverages From Cow, Sheep And Goat Milk: Antioxidant Activity, Culture Viability, Amino Acid Contents, *Foods*, 2023, 12(3), 610.
- [120] R. H. Gab-Allah, H. A. Shehta, A New Functional Whey Beverage, Containing Calcium And Date Syrup (Dibs). *Egyptian J. Of Nutrition*, 2020, 35(2), 53-75.
- [121] N. Kanca, Gıdalarda Farklı Oranlarda Peyniraltı Suyu Ve Süt Bazlı Fermente İçeceklerin Bazı Özellikleri. *The Journal Of Food*, 2023, 48(1), 38–49.
- [122] P. Bekiş, Ö. P. Can, Peynir Altı Suyunun Kefirde Kullanım Olanakları. *International Journal Of Innovative Engineering Applications*, 2021, 5(1), 49– 55.
- [123] E. Aly, A. Darwish, M. Tawfek, Quality Characteristics Of Sweet Whey-Based Fruits Beverages Fermented With *Lactobacillus Plantarum*, *Egyptian Journal Of Food Science*, 2019, 47(2), 241-254.
- [124] F. Baruzzi, S. De Candia, L. Quintieri, L. Caputo, F. De Leo, Development Of A Synbiotic Beverage Enriched With *Bifidobacteria* Strains And Fortified With Whey Proteins, *Front Microbiol*, 2017, 8(4), 640.
- [125] Maja Vukasovic Sekulic, Development Starter Cultures For Production Functional Beverages From Cow's Whey. *Ecological Truth*, 2017, 406-412.
- [126] Al-Janabi Marwah Mahmood Abdulrazzaq, Investigation Of Probiotic Potential Of *Lactobacillus Gasseri* Atcc 33323 Strain, Bolu Abant İzzet Baysal Üniv. Biyoloji Ana Bilim Dalı, 2023, Bolu (Yüksek Lisans Tezi).
- [127] Günyaktı A., Genetik Olarak Karakterize Edilen İnsan Kaynaklı *Lactobacillus Gasseri* Suşlarının Probiyotik Kültür Olarak Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi, Aksaray Üni. Biyoloji Ana Bilim Dalı, Aksaray, 2017 (Yüksek Lisans Tezi).
- [128] Çakır E., Obeziteye Karşı Etkili Yeşil Çay ve *Lactobacillus Gasseri* İçeren Probiyotik Yoğurt Üretimi. Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ann Bilim Dalı, Tekirdağ, 2022, (Yüksek Lisans Tezi).

- [129] Y. Xu, M. Hlaing, O. Glagovskaia, M. A. Augustin, N. S. Terefe, Fermentation by probiotic lactobacillus gasseri strains enhances the carotenoid and fibre contents of carrot juice. *Foods*, 2020, 9(12), 2020.
- [130] Altundal B., Lactobacillus Reuteri Ve Streptococcus Thermophilus İçeren Fermente Süt Ürününün Üretim Basamakları, Teknolojik Özellikleri Ve Aroma Profillerinin Belirlenmesi, Balıkesir Üniv., Besin Hijyeni Ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, Balıkesir, 2023 (Yüksek Lisans Tezi).
- [131] A. Mohan, Sensory, Microbiological And Physicochemical Characterisation Of Functional Manuka Honey Yogurts Containing Probiotic Lactobacillus Reuteri Dpc16. *Foods*, 2020, 9(1), 205-220.
- [132] N. Bernat, M. Cháfer, C. González-Martínez, J. Rodríguez-García, A. Chiralt, Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic Lactobacillus reuteri microorganisms. *Food Science and Technology International*, 2015, 21(2), 145–157.
- [133] S. Langa, J. M. Landete, I. Martín-Cabrejas, E. Rodríguez, J. L. Arqués, M. Medina, In situ reuterin production by Lactobacillus reuteri in dairy products. *Food Control*, 2013, 33(1), 200–206.
- [134] C. S. I. Mauro, S. Garcia, Coconut milk beverage fermented by Lactobacillus reuteri: optimization process and stability during refrigerated storage. *J Food Sci Technol*, 2019,56(2), 854–864.
- [135] M. L. Bulatović, T. Krunić, M. S. Vukašinović-Sekulić, D. B. Zarić, M. B. Rakin, Quality Attributes Of A Fermented Whey-Based Beverage Enriched With Milk And A Probiotic Strain. *Rsc Adv*, 2014, 4(98), 55503–55510.
- [136] S. Taheri, M. Khomeiri, M. Aalami, A. Moayedi, Non-Fermented Synbiotic Drink Based On Lactic Cheese Whey Which Incorporates Lactobacillus Rhamnosus Gg And Lactobacillus Paracasei, *International Journal Of Food Studies*, 2019, 8(2), 93–104.
- [137] H. Şanlıdere Alaoğlu, Production Of Lactulose And Methods Used To Determination. *Journal of Food and Health Science*, 2017,36–41.
- [138] Yerlikaya O., Akpınar A., Saygili D., Karagozlu N., Incorporation Of Propionibacterium Shermanii Subsp. Freudenreichii İn Probiotic Dairy Drink Production: Physicochemical, Rheological, Microbiological And Sensorial Properties, *Int J Dairy Technol*, 2020, 73(2), 392 402.

- [139] C. S. Ranadheera, C. A. Evans, M. C. Adams, S. K. Baines, In vitro analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt. *Food Research International*, 2012, 49(2), 619–625.
- [140] J. A. Parker, N. J. Moon, Interactions of *Lactobacillus* and *Propionibacterium* Mixed Culture. *Journal of Food Protection*, 1982, 45(4), 326-330.
- [141] A. Aamer, M. El-Kholy, Production Of Functional Beverages From Whey And Permeate Containing Kumquat Fruit, *Alex. J. Fd. Sci. Technol.*, 2017, 14(1), 41-56.
- [142] M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. V. Kryuchkova, N. I. Mosolova, A. Bochkareva, O. P. Serova, Functional Fermented Milk Whey Product: Assessment Of Quality And Safety, In *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, Iop Publishing Ltd, Sep. 2020.
- [143] Çelik Ş., Fonksiyonel Bir Ürün: Peyniraltı Suyu İlave Edilerek Nar Suyu İçeceği, *Harran University Journal Of Engineering*. 2017, 01(2018), 65– 70.
- [144] A. Panghal, V. Kumar, S. B. Dhull, Y. Gat, N. Chhikara, Utilization Of Dairy Industry Waste-Whey In Formulation Of Papaya Rts Beverage, *Current Research In Nutrition And Food Science*, 2017, 5(2), 168–174.

EK

**FARKLI PROBİYOTİK STARTER KÜLTÜRLER İLE DEMİNERALİZE PAYNIRALTI SUYU TOZU
KULLANILARAK FERMERNTTE İÇECEK ÜRETİMİ**

Panelistin

Adı Soyadı :

Tarih :

1. Size verilen fermente peynir altı suyu içecek örneklerini çizelgede verilen sıraya göre tat- aroma, kıvam, koku ve genel beğeniniz yönünden değerlendiriniz.

2. Ürünün sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak 1 ile 9 arasında bir numarayla seçiniz. Puanlandırmada;

➤ 1 = Çok Kötü, 5 = Ne iyi Ne kötü, 9 = Çok iyi

3. Ürün ile ilgili varsa yapmak istediğiniz önerileri aşağıda ayrılan kısma yazınız.

Tat-Aroma

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BP									
RHP									
GP									
RP									

Koku

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BP									
RHP									
GP									
RP									

Kıvam

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BP									
RHP									
GP									
RP									

Genel Görüş

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BP									
RHP									
GP									
RP									

Ürün hakkında düşünceleriniz:

