

**BAZI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞMESİ
ÜZERİNE KSANTAN GAMIN ETKİSİ**

Mervenur KANDİL



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞMESİ ÜZERİNE KSANTAN
GAMIN ETKİSİ**

Mervenur KANDİL

Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2019

TEZ ONAYI

Mervenur KANDİL tarafından hazırlanan “BAZI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞMESİ ÜZERİNE KSANTAN GAMIN ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN

Başkan : Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Tülay ÖZCAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Seher ARSLAN

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

06/08/2019

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

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

beyan ederim.

06/08/2019

İmza

Mervenur KANDİL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞMESİ ÜZERİNE KSANTAN GAMIN ETKİSİ

Mervenur KANDİL

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN

Bu çalışmada, ksantan gamın *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus casei*'nin gelişmesi üzerindeki etkisi *in vitro* fermantasyon ortamında belirlenmiştir. Potansiyel prebiyotik kaynağı olarak ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt üretilmiş ve depolama süresince kalite parametreleri incelenmiştir.

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında pH değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin ksantan gam içeren besi ortamında aktivite göstererek asitliği geliştirebildikleri saptanmıştır. Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait ortalama OD değerleri 0,244 ile 0,747; *Lb. casei*'ye ait OD değerleri ise 0,311 ile 1,332 arasında değişmiştir. Fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerindeki *B. lactis*'e ait ortalama mikroorganizma sayıları 7,11 ile 7,83 log₁₀ kob/mL ve *Lb. casei*'ye ait ortalama mikroorganizma sayıları 7,49 ile 8,75 log₁₀ kob/mL arasında değişmiştir. Fermantasyon süresince ksantan gam içeren örneklerde OD değerlerinin ve mikroorganizma sayısının arttığı saptanmıştır. *Lb. casei*'nin ksantan gam içeren besi ortamında prebiyotik aktivite sayısının (PAS) inuline göre daha yüksek olduğu, *B. lactis* için ise inulin ile kıyaslandığında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Fermantasyonun 48. saatinde analiz edilen laktik asit ve KZYA miktarları incelendiğinde, her iki bakterinin de bu asitleri üretebildiği saptanmıştır. Kullanılan bakteri türlerine ve substrat çeşitlerine bağlı olarak üretilen KZYA miktarlarının da farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları incelendiğinde; *B. lactis* sayısı 8,05 ile 9,70 log₁₀ kob/g ve *Lb. casei* sayısı ise 9,47 ile 10,10 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. Örneklerin % titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde ortalama en düşük asitlik değeri %0,74 ile BL örneğinde, ortalama en yüksek asitlik değeri %1,12 ile LC örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince örneklerin serum ayrılması değerleri 0,00 ile 12,00 mL/25 g arasında saptanmıştır. Ksantan gam ilavesinin örneklerde serum ayrılması değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Renk analizleri sonucunda depolama süresince, gam ilavesinin her iki yoğurtta da L* ve b* değerlerini azalttığı, a* değerlerini arttırdığı saptanmıştır. Örneklerin tekstür analizi sonuçları incelendiğinde, depolama süresince konsistens ve iç yapışkanlık değerleri artmış, viskozite indeksi değerleri azalmıştır. Yapılan duyuusal analiz sonucunda, tüm parametreler için ksantan gam içeren örneklerin panelistler tarafından daha az beğenildiği saptanmıştır.

In vitro analiz sonuçlarına göre, ksantan gamın potansiyel prebiyotik kaynağı olabileceği saptanmıştır. Yoğurt üretiminde kullanılması ile de diğer tekno-fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra probiyotiklerin gelişimini destekleyici ingredient olarak da kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ksantan gam, probiyotik, prebiyotik, yoğurt

2019, xi + 168 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF XANTHAN GUM ON THE DEVELOPMENT OF SOME PROBIOTIC BACTERIA

Mervener KANDİL

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN

In this study, the effect of xanthan gum on the development of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* and *Lactobacillus casei* in vitro fermentation medium was investigated. Probiotic yogurt enriched with xanthan gum as potential prebiotic source was produced and quality parameters were examined during storage.

During fermentation, it was determined that pH values decreased in the medium containing different substrate sources. *B. lactis* and *Lb. casei* species were found to be able to improve acidity by growing in the medium containing xanthan gum. The average OD values of *B. lactis* in the medium containing different substrate sources during fermentation were ranged from 0,244 to 0,747; for *Lb. casei* the OD values of ranged from 0,311 to 1,332. The average *B. lactis* counts at during fermentation was ranged from 7,11 to 7,83 log₁₀ cfu/mL and the average *Lb. casei* counts ranged from 7,49 to 8,75 log₁₀ cfu/mL. During fermentation, OD values and average number of microorganisms increased in the samples containing xanthan gum. The number of prebiotic activities (PAS) of *Lb. casei* in the medium containing xanthan gum was higher than inulin, for *B. lactis*, it was found to be lower than inulin. When examined the amounts of lactic acid and SCFA were analyzed during 48 hour -fermentation, both bacteria were able to produce these acids. It was determined that the amount of SCFA produced depending on the bacterial species and substrate types used were also different. According to the results of microbiological analysis of probiotic yogurts examined; *B. lactis* counts ranged from 8,05 to 9,70 log₁₀ cfu/g and *Lb. casei* counts ranged from 9,47 to 10,10 log₁₀ cfu/g. Throughout storage the minimum acidity value was found for BL sample with 0,74% and the maximum acidity value was found for LC sample with 1,12%. Whey separation values of the samples during storage were between 0,00 and 12,00 mL/25 g. The addition of xanthan gum was found to reduce whey separation values in the samples. As a result of color analysis, it was found that addition of gum during storage reduced the L* and b* values of both yoghurts and increased the a* values. Examining the results of the texture analysis of samples, consistency and cohesiveness values increased during storage and viscosity index values decreased. As a result of the sensory analysis, it was found that the samples containing xanthan gum for all parameters were less accepted by the panelists.

According to the results of *in vitro* analysis, xanthan gum may be a potential prebiotic source. With the use of yogurt production, it has been determined that it can be used as an ingredient to support the development of probiotics in addition to its other techno-functional properties.

Keywords: Xanthan gum, probiotic, prebiotic, yogurt

2019, xi + 168 pages.

TEŞEKKÜR

Akademik bilgi ve tecrübeleriyle yüksek lisans eğitimime ışık tutan, bilimsel çalışmalarda yer almamı sağlayan, bu alanda gelişim gösterebilmemde büyük katkısı bulunan ve desteğini eksik etmeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ-ERSAN 'a en içten saygılarımla birlikte teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesi aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle katkı sağlayan Sayın Doç. Dr. Tülay ÖZCAN'a, bu süreçte yardımını eksik etmeyen Doç. Dr. Arzu AKPINAR BAYİZİT ve Doç. Dr. Murat Ali TURAN'a, yüksek lisans eğitimim süresince ihtiyacım olduğunda her zaman yol gösteren ve bana destek olan Ar. Gör. Elif YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması süresince analizlerime eşlik eden Ezgi EROĞLU'na, analizlerim sırasında yardımları bulunan Cheima MANSRI ve Nebi BİLGİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Hayat yolculuğumda üzerimde en fazla emeği bulunan, benim için her zaman koşulsuz olarak fedakarlık gösteren, eğitim hayatımın her aşamasında bana destek olup daha ileriye ulaşabilmemde ve başarılı olmamda en anlamlı paya sahip olan çok değerli annem ve babam Fatma-Ali KANDİL'e, sevgili ablam Cihannur TÜRKMEN ve kardeşim Faruk KANDİL'e teşekkürü bir borç biliyor ve tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

Mervenur KANDİL

Gıda Mühendisi

06/08/2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Fonksiyonel Gıdalar	5
2.2. Probiyotikler	6
2.2.1. Probiyotiklerin tanımı ve tarihçesi	6
2.2.2. Probiyotik mikroorganizmaların özellikleri	7
2.2.3. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalar	10
2.2.4. Laktik asit bakterileri	12
2.2.5. <i>Bifidobacterium</i> türleri	14
2.2.6. Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri	18
2.2.7. Probiyotiklerin güvenilirliği	19
2.2.8. Probiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımı	20
2.2.9. Probiyotiklerin canlılığını etkileyen faktörler	23
2.3. Prebiyotikler	25
2.3.1. Prebiyotiklerin tanımı ve tarihçesi	25
2.3.2. Prebiyotiklerin gıda takviyesi olarak kullanımı	27
2.3.3. Prebiyotiklerin medikal amaçlı kullanımı	28
2.3.4. Yeni bir substrat için prebiyotik etkinin değerlendirilmesi	30
2.4. Sinbiyotik	34
2.5. Postbiyotikler	35
2.6. Gamlar	37
2.6.1. Gamların tanımı ve elde edildiği kaynaklar	37
2.6.2. Gamların fonksiyonel özellikleri	38
2.7. Ksantan gam	39
2.7.1. Ksantan gamın tanımı ve kimyasal yapısı	39
2.7.2. Ksantan gamın çözünürlük ve viskozite özellikleri	42
2.7.3. Ksantan gamın endüstriyel üretimi	44
2.7.4. Ksantan gamın gıda endüstrisinde kullanım alanları	45
2.7.5. Ksantan gamın süt ürünlerinde kullanımına yönelik çalışmalar	47
2.7.6. Gamların prebiyotik özelliği üzerine çalışmalar	51
3. MATERYAL VE YÖNTEM	55
3.1. <i>In-vitro</i> Çalışmaya Ait Materyal ve Yöntem	55
3.2. Ksantan Gam ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Üretimine Ait Materyal ve Yöntem	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	69
4.1. <i>In-vitro</i> Çalışma Sonuçları	69
4.1.1. pH değeri	69
4.1.2. Hücre yoğunluğu (OD)	74
4.1.3. Mikroorganizma sayısı	81

4.1.4. Gelişme oranı.....	87
4.1.5. Prebiyotik aktivite sayısı (PAS).....	88
4.1.6. Laktik asit.....	90
4.1.7. Kısa zincirli yağ asitleri (KZYA).....	91
4.2. Ksantan Gam ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Örneklerine Ait Analiz Sonuçları.....	99
4.2.1. Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	99
4.2.2. Fiziko-kimyasal analiz sonuçları.....	103
4.2.3. Tekstürel analiz sonuçları.....	115
4.2.4. Duyusal analiz sonuçları.....	123
5. SONUÇ.....	139
KAYNAKLAR.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	168

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
log ₁₀	10 tabanında logaritma
ssp	Alt tür
dk	Dakika
g	Gram
g.s	Gramsaniye
KJ	Kilo joule
kDa	Kilo dalton
kg	Kilogram
kcal	Kilokalori
kob	Koloni oluşturan birim
L	Litre
µs	Mikrosaniye
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
ppm	Milyonda bir
nm	Nanometre
cps	Saniyedeki dönüş sayısı
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
%	Yüzde

Kısaltmalar

ANOVA
DVS
EFSA
EMS
FAO
FDA
FOS
GOS
GRAS
ISAPP

KZYA
LAB
LABIP
LDL
LSD

MRS
NRRL
OD
QPS
TPA
TPY
TS
TÜİK
WHO

Açıklama

Analyses of Variance (Varyans Analizi)
Direct Vat Set (Direk Aşılama Kültürü)
Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
En Muhtemel Sayı
Gıda ve Tarım Örgütü
Gıda ve İlaç Kurumu
Frukto-oligosakkaritler
Galakto-oligosakkaritler
Genellikle Güvenli Olarak Tanınan
Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilimsel
Derneği
Kısa Zincirli Yağ Asitleri
Laktik Asit Bakterileri
Laktik Asit Bakterileri Endüstriyel Platformu
Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
Least Significant Difference (En Küçük Anlamlı
Fark)
De Man, Rogosa ve Sharpe
Northern Regional Araştırma Laboratuvarı
Optik Yoğunluk
Nitelikli Güvenilirlik Varsayımı
Tekstür Profil Analizi
Trypton Pepton Maya Ekstraktı
Türk Standartları Enstitüsü
Türkiye İstatistik Kurumu
Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Probiyotik seçimi için gerekli kriterler	8
Şekil 2.2. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizma türleri.....	11
Şekil 2.3. <i>Lactobacillus casei</i> 'nin morfolojik yapısı ve taksonomik sınıflandırması....	14
Şekil 2.4. <i>Bifidobacterium</i> türlerinin morfolojik yapısı ve taksonomik sınıflandırması	15
Şekil 2.5. Probiyotiklerin sağlık üzerine olumlu etkileri	19
Şekil 2.6. Probiyotik ürünler için genel çerçeve.....	21
Şekil 2.7. Probiyotiklerin gastrointestinal sistemde ve gıdalarda canlılığını etkileyen temel faktörler.....	24
Şekil 2.8. Probiyotik tanımının tarihsel değişimi.....	26
Şekil 2.9. Probiyotiklerin farklı gıda uygulamalarına dair tekno-fonksiyonel özellikleri	28
Şekil 2.10. Probiyotiklerin sınıflandırılması.....	30
Şekil 2.11. Bir bileşenin probiyotik olarak tanımlanabilmesi için FAO tarafından bildirilen işlem süreci	31
Şekil 2.12. Probiyotik, probiyotik ve postbiyotik arasındaki ilişki.....	36
Şekil 2.13. Gamların elde edildiği kaynaklara göre sınıflandırılması.....	38
Şekil 2.14. Ksantan gamın kimyasal yapısı	42
Şekil 2.15. Ksantan gam üretim akım şeması.....	45
Şekil 3.1. <i>B. lactis</i> ve <i>Lb. casei</i> tarafından ksantan gamın fermantasyonuna ait deneme deseni.....	57
Şekil 3.2. Probiyotik yoğurt örneklerine ait deneme deseni.....	62
Şekil 3.3. Probiyotik yoğurt üretimi.....	63
Şekil 3.4. Probiyotik yoğurtların görünümü.....	63
Şekil 3.5. L*, a*, b* renk değerlerinin üç boyutlu gösterimi ile X-Y düzlemlerindeki şematik görünümü.....	66
Şekil 3.6. Back ekstrüzyon tekniğine göre güç-zaman grafiklerinden elde edilen tekstür parametreleri.....	67
Şekil 4.1. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	70
Şekil 4.2. 48 saatlik fermantasyon süresince <i>Lb. casei</i> 'nin farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri	72
Şekil 4.3. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	76
Şekil 4.4. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>Lb. casei</i> 'ye ait OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri	78
Şekil 4.5. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait mikroorganizma sayıları (log ₁₀ kob/mL) ve istatistiksel değerlendirmeleri	82
Şekil 4.6. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>Lb. casei</i> 'ye ait mikroorganizma sayıları (log ₁₀ kob/mL) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	83
Şekil 4.7. <i>B. lactis</i> ve <i>Lb. casei</i> türleri için probiyotik aktivite sayısı (PAS).....	89

Şekil 4.8. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki laktik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	90
Şekil 4.9. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki asetik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	92
Şekil 4.10. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamındaki propiyonik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	94
Şekil 4.11. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bütirik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	95
Şekil 4.12. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substratlar içeren besi ortamındaki toplam KZYA miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri.....	97
Şekil 4.13. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince <i>B. lactis</i> ve <i>Lb. casei</i> sayılarının değişimi (\log_{10} kob/g).....	100
Şekil 4.14. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği (%) değerlerinde görülen değişimler.....	105
Şekil 4.15. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerlerinde görülen değişimler.....	107
Şekil 4.16. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince L^* değerlerinde görülen değişimler.....	110
Şekil 4.17. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince a^* değerlerinde görülen değişimler.....	112
Şekil 4.18. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince b^* değerlerinde görülen değişimler.....	114
Şekil 4.19. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde sıklık (firmness; g) değerlerinde görülen değişimler.....	117
Şekil 4.20. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde konsistens (gs) değerlerinde görülen değişimler.....	118
Şekil 4.21. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde iç yapışkanlık (g) değerlerinde görülen değişimler	120
Şekil 4.22. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde viskozite indeksi (gs) değerlerinde görülen değişimler.....	121
Şekil 4.23. Depolama süresince probiyotik yoğurt örneklerinin renk puan değerlerinde görülen değişimler.....	125
Şekil 4.24. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince görünüş puan değerlerinde görülen değişimler	127
Şekil 4.25. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince yapı ve tekstür puan değerlerinde görülen değişimler.....	129
Şekil 4.26. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince koku puan değerlerinde görülen değişimler.....	130
Şekil 4.27. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince asitlik puan değerlerinde görülen değişimler.....	132
Şekil 4.28. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puan değerlerinde görülen değişimler.....	134
Şekil 4.29. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puan değerlerinde görülen değişimler.....	136

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. <i>Bifidobacterium</i> türleri ve ekolojik yaşam alanları.....	17
Çizelge 2.2. Bir substratın prebiyotik etkisinin belirlenebilmesi amacıyla uygulanan eşitlikler.....	33
Çizelge 2.3. Gıda endüstrisinde kullanılan gamların özellikleri.....	40
Çizelge 2.4. Ksantan gamın genel özellikleri.....	44
Çizelge 2.5. Ksantan gamın gıdalarda uygulama alanları.....	46
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ksantan gamın özellikleri.....	56
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan inulinin özellikleri.....	58
Çizelge 4.1. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait pH değerleri.....	69
Çizelge 4.2. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>Lb. casei</i> 'ye ait pH değerleri.....	72
Çizelge 4.3. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarının bakteri türlerinin pH değerleri üzerindeki etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.4. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait OD değerleri.....	75
Çizelge 4.5. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>Lb. casei</i> 'ye ait OD değerleri.....	77
Çizelge 4.6. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerinin hücre yoğunluğu değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	79
Çizelge 4.7. pH ve OD analizlerine ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları.....	80
Çizelge 4.8. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>B. lactis</i> 'e ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL).....	81
Çizelge 4.9. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki <i>Lb. casei</i> 'ye ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL).....	83
Çizelge 4.10. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerinin mikroorganizma sayısı değerlerine (\log_{10} kob/mL) ilişkin LSD testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.11. Mikroorganizma sayılarına ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları.....	86
Çizelge 4.12. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bakteri türlerine ait gelişme oranları.....	88
Çizelge 4.13. Laktik asit ve kısa zincirli yağ asitlerine ait substrat türleri, bakteri türleri ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları.....	98
Çizelge 4.14. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince <i>B. lactis</i> ve <i>Lb. casei</i> sayılarındaki değişim (\log_{10} kob/g).....	100
Çizelge 4.15. Probiyotik yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	101
Çizelge 4.16. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği (%) değerlerinin değişimi.....	104
Çizelge 4.17. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması (mL/25 g) değerlerinin değişimi.....	107

Çizelge 4.18. Probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve serum ayrılması (mL/25g) değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	108
Çizelge 4.19. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince L* değerlerinin değişimi.....	110
Çizelge 4.20. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince a* değerlerinin değişimi.....	112
Çizelge 4.21. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince b* değerlerinin değişimi.....	114
Çizelge 4.22. Probiyotik yoğurt örneklerinin renk değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	115
Çizelge 4.23. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde sıkılık (firmness; g) değerlerinin değişimi.....	116
Çizelge 4.24. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde konsistens (gs) değerlerinin değişimi.....	118
Çizelge 4.25. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde iç yapışkanlık (g) değerlerinin değişimi.....	119
Çizelge 4.26. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde viskozite indeksi (gs) değerlerinin değişimi.....	121
Çizelge 4.27. Probiyotik yoğurt örneklerinin tekstür parametresi değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	122
Çizelge 4.28. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince renk puan değerlerinin değişimi.....	124
Çizelge 4.29. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince görünüş puan değerlerinin değişimi.....	126
Çizelge 4.30. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince yapı ve tekstür puan değerlerinin değişimi.....	128
Çizelge 4.31. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince koku puan değerlerinin değişimi.....	130
Çizelge 4.32. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince asitlik puan değerlerinin değişimi.....	131
Çizelge 4.33. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puan değerlerinin değişimi.....	133
Çizelge 4.34. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puan değerlerinin değişimi.....	135
Çizelge 4.35. Probiyotik yoğurt örneklerinin duyuşal özelliklerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	138

1.GİRİŞ

Günümüzde ekolojik dengenin bozulması, doğal kaynakların azalması, gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği olumsuzluklar, günlük stresin artması ile birlikte meydana gelen mental ve fizyolojik rahatsızlıklar gibi faktörler kronik ve akut hastalıkların ortaya çıkışını kolaylaştırmaktadır. Beslenme ile sağlık arasındaki ilişki üzerine yapılan bilimsel çalışmaların sayısının artması ve bu çalışmaların bilinçli tüketiciler tarafından da takip ediliyor olması gıdaların temel beslenme öğelerinin yanı sıra, ekstra fizyolojik özellikleri de içermeleri konusunu gündeme getirmektedir. Bu amaçla sağlıklı yaşama bilinci artan tüketicilerin ve ürün çeşitliliğine yönelik üreticilerin, sağlık üzerine olumlu etkiler sağlayan gıda ya da gıda bileşenlerine olan ilgisi “fonksiyonel gıdalar” adı verilen ürün kategorisini ortaya çıkarmıştır. Fonksiyonel gıdalar 1970 yıllarında Japonya’da kaynak yetersizliğinin oluşturduğu sorunları çözmek ve beslenme koşullarını iyileştirmek amacı ile ortaya çıkan bir kavramdır. Farklı araştırmacılar tarafından “nütrasötikler”, “terapötikler”, “destekleyici gıda”, “tedavi edici gıda”, “medikal gıda”, “biyo-gıda”, “zenginleştirilmiş gıda”, “bifidojenik gıda”, “diyet gıda”, “düzenleyici veya özel besleme amaçlı gıda” olarak da tanımlanan fonksiyonel gıda terimi 1984 yılında kullanılmaya başlanmış olup, 1990 yılından itibaren de ABD ve Avrupa’da gündeme gelmiştir (De Morais ve ark. 2015, Aghajanpour ve ark. 2017, Kaur ve Singh 2017).

Fonksiyonel bileşenler; “vücudun temel besin öğeleri gereksinimini karşılayan, metabolizmanın güçlendirilmesi ve hastalık riskinin azaltılması gibi olumlu etkiler gösteren biyoaktif gıda ya da gıda bileşenleri” olarak tanımlanmaktadır. Probiyotikler, prebiyotikler, fitokimyasallar, biyoaktif peptitler ve omega-3 gibi doymamış yağ asitleri fonksiyonel gıda bileşenleri arasında bulunmaktadır (Kodaz 2013, Tekün 2015, Saini 2017).

Probiyotik kelimesi Yunanca ‘pro’ ve ‘biota’ kelimelerinden türetilmiş olup ‘yaşam için’ anlamına gelmektedir. Probiyotikler “yeterli miktarda tüketildiklerinde konakçının sağlığı üzerine olumlu etkileri olan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (Ebner ve ark. 2014, Omak ve ark. 2016, Dirican 2017). *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Bacteroides*, *Enterococcus*, *Propionibacterium*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* türleri ile *Saccharomyces* ve *Aspergillus* türleri probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalardır (Akan ve Kınık 2015, Markowiak ve Slizewska 2017, Jahangiri ve ark. 2018). Prebiyotikler ise “konağın bağırsak mikrobiyotasındaki mikroorganizmaların seçici olarak kullandığı, sağlık üzerinde faydalı etkileri bulunan substratlar” olarak tanımlanmaktadır (Al-Sheraji ve ark. 2013, Rolim 2015). Prebiyotikler ince bağırsakta sindirilmeden kalın bağırsağa ulaşmakta ve bağırsaktaki yararlı bakterilerin çoğalmasını sağlayarak konağın sağlığına olumlu etkide bulunmaktadır. Besleyici özellikleri yanı sıra gıdalarda tekno-fonksiyonel özellikleri geliştirici olarak da kullanılan prebiyotiklerin son yıllarda sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı medikal alanda da kullanımları artış göstermektedir. İnülin, frukto-oligosakkaritler, galakto-oligosakkaritler, soya oligosakkaritleri, izomalto-oligosakkaritler, gluko-oligosakkaritler, laktuloz, laktosukroz, raftilin, oligomat, ksilo-oligosakkaritler ve sorbitol gıdalarda yaygın olarak kullanılan prebiyotikler arasında yer almaktadır (Bindels ve ark. 2015, Da Silveria ve ark. 2015, Karlton-Senaye ve ark. 2015a, Shori 2016, Demirci ve ark. 2017, Khalifa 2017, Taşdemir 2017).

Dünya genelinde kanser, diyabet ve kardiyovasküler gibi hastalıkların artış göstermesi ve söz konusu hastalıklar ile bağırsak mikrobiyotası arasındaki ilişkinin bilimsel olarak ispatlanması probiyotik ve prebiyotikleri içeren gıdalara olan talebi de arttırmaktadır. Türkiye’de hızla gelişen fonksiyonel gıda endüstrisinde probiyotikler ve prebiyotikler en büyük paya sahip olan bileşenler arasında yer almaktadır. Bu bileşenlerin tüketiciye ulaştırılmasında ise probiyotikleri ve prebiyotikleri içeren sinbiyotik süt ürünleri en önemli gıda grubunu oluşturmaktadır (Polari ve ark. 2012, Dwivedi ve ark. 2014, Abuajah ve ark. 2015, Fernández ve ark. 2015, Das ve ark. 2016, Hunter ve Hegele 2017, Pogorzelska-Nowicka ve ark. 2018).

Gamlar, bitki tohumlarının endospermi, deniz yosunları, bakteriler, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarıyla ya da mikrobiyal fermantasyonla elde edilen kompleks polisakkaritlerdir. Gıda endüstrisinde gıdanın yapısını iyileştirmek, nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmak, nem kaybını azaltmak ve ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla kıvam arttırıcı, emülsifiye edici, kayganlaştırıcı ve stabilizatör olarak kullanılan gamlar yüksek miktarda su tutma yeteneğine sahip özellik göstermektedir. Gamlar gıda sanayinde uzun yıllardan beri soslarda kalınlaştırıcı, pudinglerde jelleştirici, peynirlerde serum ayrılmasını önleyici, birada durultma yardımcı maddesi ve köpük stabilizatörü, dondurmalarda emülsifiye edici ve kristalizasyonu önleyici, sosislerde ise bağlayıcı, yenilebilir ambalaj ve yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır (Milani ve Melaki 2012, Anonim 2013a, Li ve Nie 2016). Gamlar metabolizmada ise LDL-kolesterol, toplam kolesterol ve glikoz oranını düşürerek kardiyovasküler ve diyabet gibi hastalıklarda iyileştirici etki de gösterebilmektedir. Ayrıca kan serumunda üre azotunu da önemli miktarda azaltarak terapötik etkide bulunabilmektedirler. Gamların çoğu parçalanamaz ve sindirilemez özellikte olduğundan probiyotik gelişmeyi destekleyerek prebiyotik etkiye sahip olabileceği son yıllarda yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (O’Sullivan ve ark. 2010, Phillips ve Phillips 2011, Roberts 2011, Patel ve Goyal 2012, Karlton-Senaye ve ark. 2015a, Niamah ve ark. 2017, Yılmaz-Ersan ve ark. 2018).

Ksantan gam, lahana ve karnabahar gibi lahanalı sebzelerde doğal olarak bulunan *Xanthomonas campestris*, *Xanthomonas pelargonii*, *Xanthomonas phaseoli* ve *Xanthomonas malvacearum* gibi *Xanthomonas* türleri tarafından aerobik fermantasyon yoluyla üretilen hücre dışı bir heteropolisakkarittir. Ksantan gam emülsiyon stabilizasyonu, sıcaklık stabilitesi, gıda ingrediyeentleri ile uyumu ve psödoplastik davranış gibi birçok önemli özelliğe sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde oldukça geniş kullanım alanına sahiptir (Sharma ve Rao 2014, Cho ve Yoo 2015).

Gamların sağlık üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları bu bileşenlerin terapötik gıda formölasyonlarında da kullanılabilceğini göstermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile gamların biyoaktivite gösterebilen fonksiyonel bir prebiyotik kaynağı olabileceği belirtilmektedir. Bu bilgiler ışığında *in vitro* ve *in vivo* alışmaların yapılması ile gamların prebiyotik etkisinin saptanacağı, kullanım alanının genişleyeceği ve kullanılan ürünlerin fonksiyonel değerini arttıracaağı düşünölmektedir. Gıda endüstrisinde daha çok tekstürel özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılan ksantan gamın probiyotik bakterilerden bazı *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türleri üzerindeki etkisinin araştırılması çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Bu alışma kapsamında;

- ✓ Karbon kaynağı olarak ksantan gam içeren temel besi ortamında fermentasyon süresince optik yoğunluk, pH, mikroorganizma sayısı ve gelişme oranı parametreleri belirlenerek *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (DSM10140) ve *Lactobacillus casei* (DSM20011)'nin gelişmeleri incelenmiş,
- ✓ Ksantan gamın potansiyel prebiyotik özelliğinin belirlenmesi amacı ile prebiyotik aktivite sayısı belirlenmiş,
- ✓ Prebiyotik bir substratın probiyotiklerce fermente olabilme yeteneğinin göstergesi olan laktik asit ve kısa zincirli yağ asitleri (asetik, propiyonik ve bütirik asit) konsantrasyonları saptanmiş,
- ✓ Potansiyel prebiyotik kaynağı olarak ksantan gam ile zenginleştirilmiş prebiyotik yoğurt üretilmiş ve depolama süresince kalite parametreleri (mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal, tekstürel ve duyuusal) incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Fonksiyonel Gıdalar

Dünya nüfusunun artışı ile birlikte ekolojik dengenin de bozulması toplumların beslenmelerinde yer alan doğal kaynakları daha verimli kullanmalarını zorunlu hale getirmektedir. Son yıllarda, sağlık ve beslenme arasındaki ilişkiye yönelik çalışmaların artması, yaşam kalitesi ve süresinin arttırılması isteği, kronik hastalıkların önlenmesi ve tedavi edilmesi ile hem bütünsel sağlığın korunması ve hem de bu alandaki maliyetlerin azaltılma çabası tüketicileri fonksiyonel bileşenler içeren gıdalara yöneltmektedir. Fonksiyonel bileşenler, “vücudun temel besin maddelerine olan ihtiyacını karşılamanın ötesinde, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler sağlayarak hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada etkili olan gıda ya da biyoaktif gıda bileşenleri” olarak tanımlanmaktadır (Köroğlu ve ark. 2015, Martins ve ark. 2017, Butnariu ve Sarac 2019).

Fonksiyonel ürünler kategorisi, doğal olarak biyoaktif bileşen içeren (süt-bütirik asit), biyoaktif bileşen ile zenginleştirilmiş (probiyotik süt ürünleri), gıda ve gıdalardan çeşitli tekniklerle üretilen biyoaktif bileşenlerden (prebiyotikler) oluşmaktadır. Ayrıca gıdalar içerisindeki bazı bileşikler değişikliğe uğratarak (sütün fermantasyonu-biyoaktif peptitler), biyoyararlığı artırılarak (işlenmiş domates likopen) ve bunların farklı kombinasyonları (probiyotiklerin ve pebiyotik bileşenlerin aynı formülasyonda yer aldığı sinbiyotikler) kullanılarak fonksiyonel gıdalar üretilmektedir. Özellikle sanayileşmiş ülkelerde bu gıdalara olan talep sürekli artmakta olup, 2020 yılına kadar küresel fonksiyonel gıda pazarının 305,4 milyar dolar olması beklenmektedir. Bu kapsamda, fonksiyonel bileşenler arasında yer alan probiyotikler, prebiyotikler, fenolik maddeler, antioksidanlar, diyet lifleri, oligosakkaritler, vitaminler, mineraller, çoklu doymamış yağ asitleri ve fitokimyasallar gıdalara eklenerek fizyolojik özellikte yeni ürünler geliştirilmektedir. Yapılan araştırmalarda en fazla kullanılan fonksiyonel gıda bileşenleri; i) probiyotik, prebiyotikler, ii) diyet lifleri, iii) omega 3 yağ asitleri, oleik asit ve steroller, iv) fitoöstrojenler ve v) fenolik bileşikler olarak gösterilmektedir (del Castillo ve ark. 2018, Jaddu ve Katam 2018).

2.2. Probiyotikler

2.2.1. Probiyotiklerin tanımı ve tarihçesi

Rus araştırmacı Elie Metchnikoff (1908), Balkanlarda yaşayan Bulgar köylülerinin çok fazla yoğurt tüketmeleri ile yaşam sürelerinin uzun olması arasında ilişki olduğunu belirtmiş ve hem Nobel ödülü sahibi olması ile hem de probiyotik kavramını gündeme getiren ilk bilim adamı olması ile tarihe geçmiştir (Ötleş ve ark. 2003, Sanders 2015). Latince “pro” ve “bios” kelimelerinden oluşan ve “yaşam için” anlamına gelen probiyotik kelimesi Elie Metchnikoff (1908)’dan itibaren farklı bilim insanları tarafından řu şekilde tanımlanmıştır;

- Kollath (1953) “vitaminler, aromatik maddeler, enzimler ve diğer maddeler gibi sebzelerde probiyotikler bulunmakta”
- Vergin (1954) “antibiyotiklerin tersi”
- Kolb (1955) “antibiyotiklerin zararlı etkileri probiyotikler ile önlenbilir”
- Lilly ve Stillwell (1965) “bir mikroorganizma tarafından üretilen ve diğer mikroorganizmaların çoğalmasını uyaran bir madde”
- Sperti (1971) “mikrobiyal çoğalmaya yardımcı doku ekstreleri”
- Fujii and Cook (1973) “konakçı içinde enfeksiyonlara direnç oluşturabilen fakat *in vitro* ortamda mikroorganizmaların çoğalmalarını engellemeyen bileşik”
- Parker (1974) “bağırsakta mikrobiyal dengenin oluşmasına katkıda bulunan mikroorganizmalar ve onların ürettiği maddeler”
- Fuller (1989) “konağın bağırsak mikrobiyal dengesini iyileştirerek yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalı besin desteği”
- Havenaar ve ark. (1992) “hayvan ve insana verildiğinde endojen mikrobiotanın özelliklerini olumlu yönde etkileyen tek veya karışık canlı mikroorganizma”
- Salminen (1996) “konakçının sağlığını ve beslenmesini olumlu yönde etkileyen canlı mikroorganizma içeren maddeler ve süt ürünleri”
- Schaafsma (1996) “belirli sayıda tüketildiklerinde özgün temel beslenmenin ötesinde sağlık üzerine faydalı etkileri olan canlı mikroorganizma”
- Salminen ve ark. (1999) “konakçının sağlığı üzerine yararlı etkileri olan mikroorganizma ya da mikrobiyel hücre bileşenleri”

- Schrezenmeir ve De Vrese (2001) “konakçıda mikrobiyotayı değiştiren ve konakçuya yararlı etkileri olan yeterli sayıda tanımlanmış canlı mikroorganizmalar ya da canlı mikroorganizmaları içeren ürünler”
- Heyman ve Ménard (2002) “bağırsağın mikrobiyal dengesini geliştirerek konakçuya yararlı etkileri olan canlı mikrobiyal yem katkıları”
- Anadon ve ark. (2006) “yeterli miktarda alındıklarında beslenme ile ilgili bilinen faydalı özellikleri ile birlikte sağlık üzerine olumlu etkileri olan bakterileri ve mayaları içeren canlı mikroorganizmalar”
- FAO/WHO (2009) ve Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilimsel Derneği (ISAPP) (2013) “yeterli miktarda tüketildiklerinde konakçının sağlığı üzerine olumlu etkileri olan canlı mikroorganizmalar”dır (Dirican 2017, Kızıлтаç 2017, Markowiak ve Slizewska 2017, Priyodip ve ark. 2017, Malashree ve ark. 2019).

2.2.2. Probiyotik mikroorganizmaların özellikleri

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) bir mikroorganizmanın probiyotik olarak değerlendirilebilmesi için i) güvenilirlik, ii) işlevsellik, iii) teknolojik uyum ve iv) performans ve fonksiyonalitye başlıkları altında tüm özelliklerinin saptanması gerektiğini belirtmektedirler (Şekil 2.1). Sağlık üzerine olumlu etkilere ve fonksiyonel özelliklere sahip olan probiyotik suşlar elde edebilmek için bu kriterlere sahip suşların seçilmesi gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 2.1. Probiyotik seçimi için gerekli kriterler (Preedy ve Watson 2016, Guarner ve ark. 2017)

Laktik Asit Bakteri Endüstriyel Platformu (LABIP) ise probiyotik potansiyeli taşıyan mikroorganizmaların aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmaları gerektiğini belirtmektedir (Antunes ve ark. 2013, Binns 2013, Budak Bağdatlı ve Kundakçı 2013, Erem ve ark. 2013, Coşkun 2014, Shokryazdan ve ark. 2014, Preedy ve Watson 2016, De Sant'Anna ve ark. 2017, Grant ve Baker 2017, Priyodip ve ark. 2017).

- Mikroorganizmanın taksonomik tanımlaması iyi yapılmış olmalı ve ve patojenik bir geçmişe sahip olmamalı,
- İnsanların kullanımına yönelik olanlar insanlardan izole edilmeli,
- Düşük pH koşulları (mide asidi) ve safra tuzlarına karşı dayanıklı olmalı,
- Gastrointestinal sistemde canlılığını devam ettirerek bağırsaklara ulaşabilmeli,
- Patojenlerle yarışarak bağırsak epitelyum dokularına patojenlerden önce tutunabilmeli ve bağırsaklarda metabolik aktivitesini sürdürebilme yeteneğine sahip olmalı,
- Kolesterol asimilasyonu, laktaz aktivitesi, antimikrobiyal madde ve vitamin üretimi gibi metabolik etki kabiliyetine sahip olmalı,
- Teknolojik proseslere dirençli olmalı, ürünün kalitesini düşürmemeli ve ürün içerisinde uzun süre canlılığını koruyabilmeli,
- Fermantasyon ürünleri veya hücre bileşenleri toksik, mutajenik veya kanserojen özellikte olmamalı,
- Antibiyotik direnç geni taşımamalı,
- Konakçı sağlığı üzerine bilimsel olarak kanıtlanmış olumlu etkileri olmalıdır.

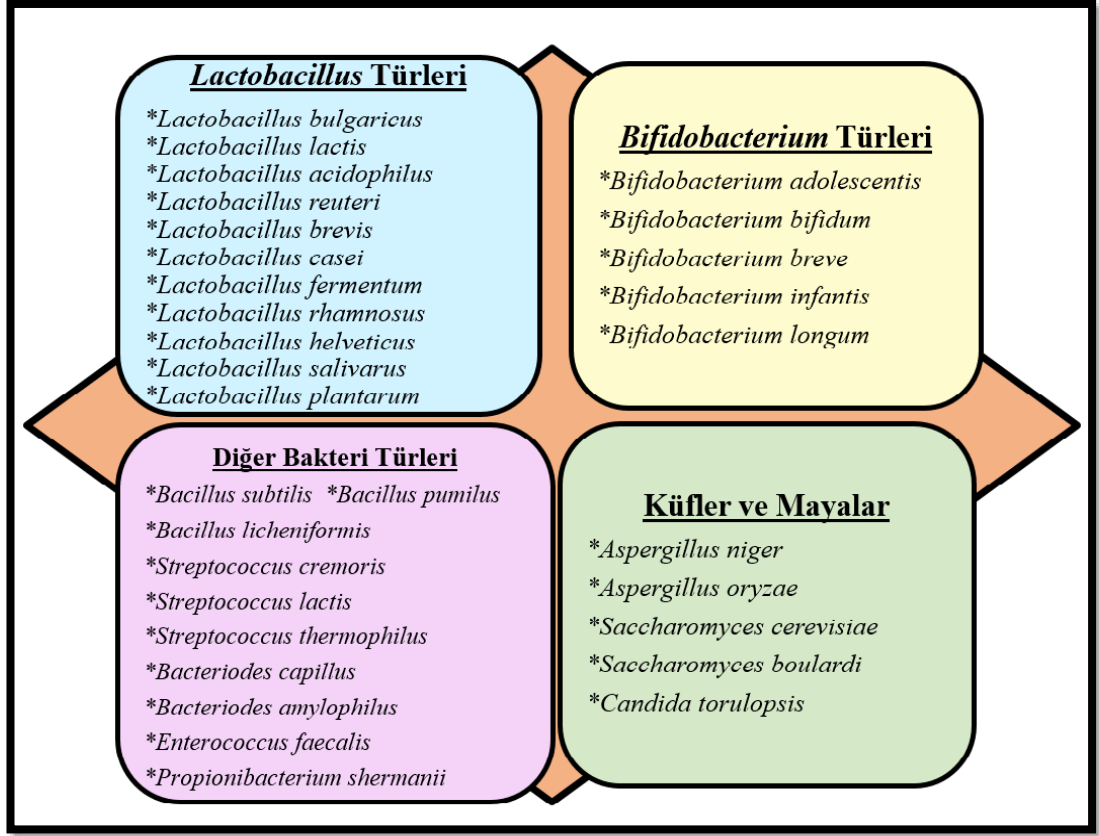
Sağlıklı hayvan ya da insanların sindirim sistemlerinden, meyve ve sebzelerden izole edilen mikroorganizmalar; öncelikle seçici besi ortamı kullanılarak tanımlanmaktadır. Yeni kültürde *in vivo* değerlendirmeler için hedef koloniler, patojen inhibisyonu, hedef tür patojenitesi ve konak koşullarına direnç gibi testlere tabi tutulmaktadır. Hedef türlerin kullanımı ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoksa konakçıya gerçekten olumlu etkisinin olup olmadığını kontrol etmek için büyük ve küçük ölçekte *in vivo* ilave deneyler yapılmaktadır.

Bilimsel olarak kanıtlanmış sonuçlar veren probiyotik, ticari olarak üretilebilmekte ve kullanılabilir. Yürütülen tüm bilimsel çalışmalar FAO ve WHO ile ortaklaşa gerçekleştirilmektedir (Ayichew ve ark. 2017, Meybodi ve Mortazavian 2017).

Dünya Gastroenteroloji Örgütü'nün Probiyotik ve Prebiyotikler Rehberi'ne göre probiyotik bir ürünün etiketinde belirtilmesi gereken açıklamalar bulunmaktadır. Cins ve türün bilimsel olarak tanımlanması, suşun tayin edilmesi, raf ömrü tamamlandığında her bir suşta bulunan canlı bakteri sayısı, tavsiye edilen depolama koşulları ve güvenlik durumu, ortaya çıkabilecek fizyolojik etkiler, belirtilen fizyolojik etkinin görülmesi için gerekli doz ve satış sonrası için iletişim bilgileri bu açıklamalar arasında yer almaktadır (Gibson ve ark. 2017, Guarner ve ark. 2017).

2.2.3. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalar

Probiyotik mikroorganizmaların büyük bir kısmı genellikle güvenli kabul edilen GRAS (Generally Recognized As Safe) statüsünde bulunan *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri içerisinde yer almaktadır. Özellikle *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* Shirota, *Lactobacillus* GG, *B. lactis* Bb12 ve *Lb. reuteri* türlerinin sağlık üzerindeki yararlı etkileri klinik deneylerle kanıtlandığından bu mikroorganizmaların ticarî preparatlarda yaygın olarak kullanımı bulunmaktadır. İnsanlarda probiyotik olarak kullanılan diğer mikroorganizmalar arasında *E. coli*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Bacteroides*, *Bacillus*, *Propionibacterium* gibi bakteriler ve mayalardan *Saccharomyces boulardii* ve küflerden *Aspergillus niger* bulunmaktadır. Son yıllarda, Avrupa Birliği'nde *Clostridium butyricum* un da bu mikroorganizmalar arasında yer alabileceği bildirilmektedir. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinsleri ile diğer probiyotik mikroorganizmalar Şekil 2.2'de belirtilmektedir (Evren ve ark. 2011, Fijan 2014, Iranmanesh ve ark. 2014, Akan ve Kınık 2015, Amutha and Kokila 2015, Omak ve ark. 2016, Kaur ve ark. 2017, Thamacharoensuk ve ark. 2017).



Şekil 2.2. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizma türleri

Probiyotikler cins, tür, alt tür ve suş sırasıyla alfanumerik sistemi ile gösterilmektedir. Örneğin: *Bifidobacterium animalis lactis* DN-173 010: *Bifidobacterium* (cins), *animalis* (tür), *lactis* (alt tür), DN-173 010 (suş) ve *Lactobacillus casei* DN-114 001: *Lactobacillus* (cins), *casei* (tür), DN-114 001 (suş) şeklinde sistematik gösterime sahiptir (Anonim 2017a, Guarner ve ark. 2017).

İnsan bağırsak mikrobiyotasının üyeleri olan *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinsleri içerisinde bulunan *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis* ve *Bifidobacterium lactis* gıdalarda en fazla kullanılan ve üzerinde en çok çalışma yapılan probiyotik mikroorganizmalardır (Fijan 2014, Omak ve ark. 2016, EFSA 2017).

2.2.4. Laktik asit bakterileri

Laktik asit bakterileri (LAB) içerisinde en büyük ve en çeşitli cins olan *Lactobacillus* cinsinin 200'den fazla türü bulunmaktadır. *Lactobacillus* cinsleri insan ve hayvanların gastro intestinal ve ürogenital sistemlerinde kolonize olabilmektedirler. Ayrıca, çeşitli meyve ve sebzeler ile doğal olarak fermente olmuş ürünlerde bulunmaktadırlar. Bu mikroorganizmalar yoğun olarak fermantasyon starter kültürleri ve probiyotik olarak kullanılmaktadırlar. Fermente ürünlerde kullanımlarının uzun bir geçmişe sahip olması, ABD Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) tarafından GRAS (genellikle güvenli olarak tanınan) olarak tanınmalarına ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından Nitelikli Güvenilirlik Varsayımı (QPS-Qualified Presumption Of Safety) listesinde yer almalarına neden olmuştur. LAB morfolojileri, glikoz fermantasyon yetenekleri, farklı sıcaklıklarda gelişme özellikleri, fermantasyon sonucu oluşturdukları laktik asit konfigürasyonları ve farklı karbonhidratları fermente edebilme özelliklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. LAB, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weissella* cinslerini içermektedir (Sun ve ark. 2015, EFSA 2016, Aryana ve Olson 2017, Hill ve ark. 2018).

Lactobacillus süt anlamına gelen “lacto” ve şekil itibari çubuk anlamına gelen “bacillus” kelimerinden türetilmiştir. *Lactobacillus* cinsleri gram pozitif, kısa, uzun, ince çubuk ya da kokobasil şeklinde, fakültatif anaerobik ya da mikroaerofilik, spor oluşturmayan, sitokrom içermeyen, aside toleranslı, katalaz negatif, Guanin+Sitozin (G+C) oranı %50 mol'den az olan bakterilerdir. Gelişme sıcaklıkları 2-53°C, pH'ları ise 3-8 arasında değişmektedir. Optimum gelişme sıcaklıkları 30–40°C ve optimum pH değerleri 5,5–6,2 aralığındadır. Karbonhidrat fermantasyonunun son ürünü olarak en fazla laktik asit üretmektedirler. *Lactobacillus* cinsi içerisinde yer alan *Lb. fermentum*, *Lb. plantarum*, *Lb. casei* ve *Lb. rhamnosus* bağırsaktan; *Lb. antri*, *Lb. gastricus*, *Lb. kalixensis*, *Lb. reuteri* ve *Lb. ultunensis* mide mukozasından, *Lb. crispatus*, *Lb. gasseri*, *Lb. jensenii*, *Lb. vaginalis* ve *Lb. iners* vajinadan izole edilmişlerdir. *Lb. acidophilus* insan ve hayvanların gastrointestinal sisteminde ve ağız boşluğunda doğal olarak yer alan bir türdür (Goldstein ve ark. 2015, Huang ve ark. 2018).

Lactobacillus türlerinin sağlık üzerine birçok olumlu etkisi olmakla birlikte özellikle gastrointestinal sistem enfeksiyonlarına yol açan dört patojenin (*Helicobacter pylori*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli* ve *Clostridium difficile*) üremesini sınırladığı saptanmıştır (Kawai ve ark. 2016, Mishra ve ark. 2016).

Lactobacillus casei

Lactobacillus casei, *Lactobacillus paracasei* ve *Lactobacillus rhamnosus* fakültatif heterofermantatif LAB içerisinde filogenetik ve fenotipik olarak yakın ilişkili taksonomik grubu oluşturmaktadırlar. Bu türler ticari, endüstriyel ve sağlık alanında en çok çalışılan bakteriler olup *Lactobacillus casei* grubu (LCG) olarak tanınmaktadırlar. *Lb. casei* Shirota ve *Lb. rhamnosus* GG gibi birçok türü probiyotik olarak sınıflandırılmakta ve fermente süt ürünlerinin üretiminin yanı sıra tablet olarak da kullanılmaktadırlar. Bu grubun üyeleri %45-57 mol DNA G+C oranına ve aynı peptidoglikan (L-Lys-DAsp) yapısına sahiptirler (Dietrich ve ark. 2014, Hill ve ark. 2018).

Lb. casei, ilk olarak peynirden izole edildiği için bu tür “caseification; peynirleştirme” anlamında “casei” olarak adlandırılmıştır. Bu tür, fermente süt ürünleri, sebzeler, bitkisel fermente ürünler, insan ve hayvanların gastro intestinal sistemi, anne sütü ile toprak ve göl ortamında yaygın olarak bulunmaktadır. *Lb. casei*; gram pozitif, hareketsiz, sporsuz, çubuk şeklinde (0,7-1,1 x 2,0-4,0 mm büyüklüğünde), fakültatif heterofermantatif, fakültatif anaerob ve aside toleranslıdır (Şekil 2.3). Gelişme sıcaklığı 15°C ile 45°C aralığındadır. Optimum gelişme sıcaklığı ise 28-32°C’dir. Riboflavin, folik asit, kalsiyum ve niasin gibi gelişme faktörlerine gereksinim duymakta ancak B₁₂ vitaminine ihtiyaç duymamaktadır. Bu mikroorganizmalar insanların gastrointestinal sisteminde çeşitli bölgelere kolonize olmakta ve çok sayıda ticari uygulamaları bulunmaktadır. İnsan sağlığı üzerine antikolesterolemik, laktoz intoleransını hafifletici, intestinal patojenlerin gelişmesini engelleyici, diyareyi tedavi edici ve bağışıklık sistemini geliştirici etkilerinden dolayı probiyotik olarak sınıflandırılmaktadır. *Lb. casei* GG, gram pozitif ve gram negatif bakterilerin büyük bir çoğunluğuna karşı ‘mikrosin’ adı verilen hücre dışı inhibitör madde üretmektedir.

Lb. casei suşları probiyotik ürünlerde, süt ve et fermentasyonu için asit üreten başlatıcı kültürlerde, bazı peynir çeşitlerinde, yoğurt, tereyağı, dondurma üretiminde, kefir, kıymız, yakult gibi içeceklerde lezzet gelişimini hızlandırmak ve kuvvetlendirmek amacıyla kullanılmaktadırlar (Amin ve ark. 2009, Wu ve ark. 2009, Yaşar ve Kurdaş 2009, Ali Azhari 2011, Longdet ve ark. 2011, Sömer ve ark. 2012, Dietrich ve ark. 2014, Akkoç ve ark. 2016, Hill ve ark. 2018).

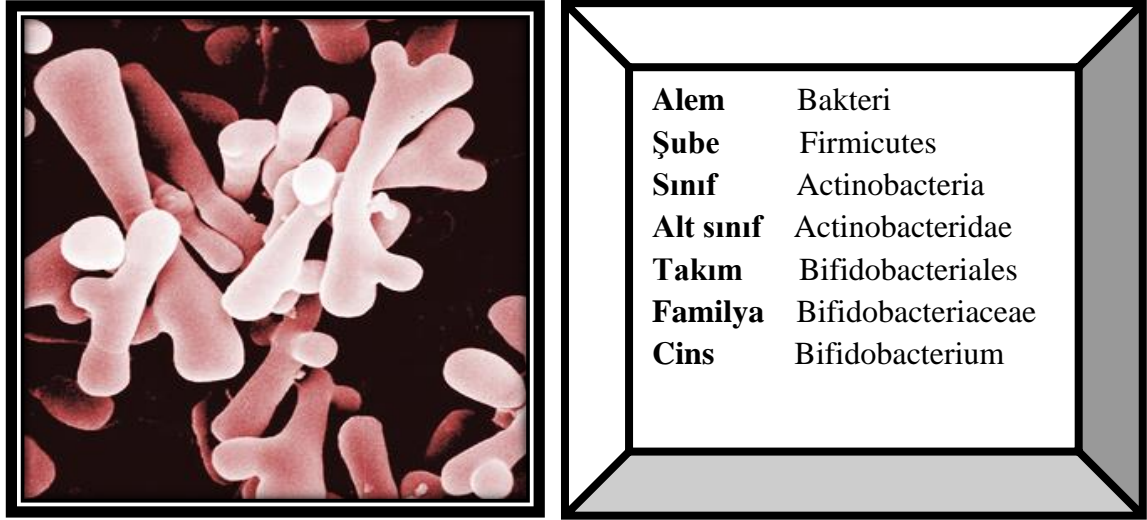


Şekil 2.3. *Lactobacillus casei*'nin morfolojik yapısı ve taksonomik sınıflandırması

2.2.5. *Bifidobacterium* türleri

İnsan bağırsak sisteminin doğal üyeleri olan *Bifidobacterium* türleri ilk olarak Pasteur Enstitüsü'nde Henry Tissier tarafından 1899 yılında süt emen bebeklerin dışkılarından izole edilmiştir (Tamime ve ark. 1995). Tissier'in *Lactobacillaceae* familyasına dahil edilmesini önerdiği *Bifidobacterium* türleri uzun süre boyunca *Lactobacillus* cinsine dahil edilmiştir. 1919 yılında Castellani ve Chalmers "*Bacterium bifidus*" ismini vermiş, daha sonraları ise "*Lactobacillus bifidus*" olarak adlandırılmıştır. 1974'te Bergey'in Bakteriyoloji El Kitabı'nda bu bakteriler ilk kez *Bifidobacterium* cinsi olarak sınıflandırılmıştır. *Bifidobacterium* cinsi, Prokaryotların Taksonomik Taslağı'na göre *Actinobacteria* sınıfına, *Bifidobacteriales* takımına ve *Bifidobacteriaceae* familyasına dahildir.

16S rRNA gen sekansı verilerine göre bilimsel sınıflandırması ve morfolojik görüntüsü Şekil 2.4'te gösterilmektedir (Stackebrandt ve ark. 1997, Biavati ve Mattarelli 2012).



Şekil 2.4. *Bifidobacterium* türlerinin morfolojik yapısı ve taksonomik sınıflandırması

Bu bakteriler morfolojik olarak, eğri Y ya da V çubuk şeklinde, Gram (+), sporsuz ve hareketsizdir. En iyi gelişme gösterdikleri sıcaklık 37-41°C iken kaynağın habitatına bağlı olarak bazı değişiklikler meydana gelebilmektedir. İnce bağırsak kökenli suşları 36-38°C' de gelişme gösterirken, hayvansal kaynaklı suşlar 41-43°C' de gelişebilmektedir. 20°C'nin altında ve 46°C'nin üzerinde gelişim gösteremeyen *Bifidobacterium* türleri aside toleranslıdır ancak asidofilik mikroorganizmalar değildir. Optimum gelişim gösterdikleri pH değeri 6,5 ile 7,0 arasında olup, pH 5'in altında ve 8'in üzerinde gelişim gösterememektedirler (Özer 2006, Biavati ve Mattarelli 2012). Anaerobik mikroorganizmalar olmalarına rağmen oksijen yatkınlığı belirsiz olmakla birlikte türlere ve suşlara göre değişkenlik göstermekte olup bazı suşlar CO₂ varlığında oksijeni tolere edebilmektedirler. DNA'nın G+C oranı %47-67 arasında ve katalaz içermemektedirler. İnsanlardan izole edilen suşların hepsi glikoz, galaktoz, laktoz, özellikle fruktozu karbon kaynağı, amonyağı da azot kaynağı olarak kullanabilmektedirler.

Organik asitler, yağ asitleri ve amino asitler bu bakteriler için etkin karbon kaynakları olarak değerlendirilememektedir. Yalnızca sistein ve sistin zorunlu azot kaynakları olarak kullanılabilirler. Bunun yanı sıra, bu bakteriler çoğalmaları ve aktivitelerini sürdürebilmeleri için “bifidus ya da bifidojenik faktörler” olarak bilinen N-asetilglukozamin gibi amino şekerlere, fruktooligosakkaritler ve laktuloz gibi karbonhidratlara ihtiyaç duymaktadırlar. *Bifidobacterium* cinsini *Lactobacillus*’lardan ayıran en önemli özellik; “Fruktoz-6-fosfat-fosfoketolaz” enzimi içermeleri ve glikozu “fruktoz 6 fosfat yolu (Bifidum yolu)” ile fermente etmeleridir. *Bifidobacterium* suşları fruktoz-6-fosfat fosfoketolaz (F6PPK) enzimi içermeleri nedeni ile glikoz gibi basit şekerleri metabolize etmek yerine disakkaritleri ya da oligosakkaritleri metabolize etmeyi tercih etmektedirler. Glikozu asetik asit ve laktik asite dönüştürdükleri için heterofermantatif grupta yer almaktadırlar. D (-) laktik aside oranla daha yüksek miktarda L(+) laktik asit, az miktarda formik asit, karbondioksit, etanol ve süksinik asit üretmektedirler (Biavati ve Mattarelli 2012, Ceyhan ve Alıç 2012, Yılmaz-Ersan ve ark. 2016a, Usta ve Yılmaz-Ersan 2017, Yılmaz-Ersan ve ark. 2018, Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan 2019). *Bifidobacterium* türlerinin vücutta; immün stimülasyon, kansere karşı koruyucu etki, patojenlerin inhibisyonu ve serum kolesterolünün azaltılması, B vitamini ve amino asitlerin üretimi gibi olumlu etkilere sahip olduğu belirtilmektedir.

Araştırmalarda en sık kullanılan *Bifidobacterium* türleri; *B. breve*, *B. bifidum*, *B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. infantis*, *B. lactis* ve *B. longum*'dur. Bu bakteriler arasında mide asidine, safraya ve pankreas enzimlerine karşı dirençli olduklarından *B. adolescentis*, *B. infantis*, *B. bifidum*, *B. lactis* ve *B. longum* probiyotik özellikleri ile dikkat çekmektedir (Kabeerdoss ve ark. 2011, Yılmaz-Ersan ve ark. 2016a, Usta ve Yılmaz-Ersan 2017, Yılmaz-Ersan ve ark. 2018). Günümüzde *Bifidobacterium* cinsine ait olan birçok tür bulunmakta olup bu türlerin doğal yaşam alanlarına göre gruplandırılması Çizelge 2.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Bifidobacterium türleri ve ekolojik yaşam alanları

Bifidobacterium türleri	Yaşam Alanı
<i>B. angulatum, B. gallicum, B. scardovii</i>	İnsan dışkısı
<i>B. animalis</i>	Hayvan dışkısı
<i>B. adolescentis</i>	Yetişkin bağırsağı
<i>B. catenulatum, B. longum</i>	Yetişkin ve bebek bağırsağı
<i>B. bifidum, B. breve</i>	Bebek bağırsağı
<i>B. callitrichos, B. reuteri</i>	Maymun dışkısı
<i>B. biavatii, B. saguini</i>	Maymun dışkısı
<i>B. mongoliense</i>	Fermente süt
<i>B. crudilactis</i>	Çiğ süt
<i>B. cuniculi, B. magnum</i>	Tavşan dışkısı
<i>B. gallinarum, B. pullorum</i>	Tavuk dışkısı
<i>B. choerinum, B. thermophilum</i>	Domuz dışkısı
<i>B. thermacidophilum</i>	Atık su ve domuz yavrusu dışkısı
<i>B. minimum, B. subtile</i>	Kanalizasyon
<i>B. bohemicum, B. bombi</i>	Yaban arısı bağırsağı
<i>B. asteroides, B. indicum</i>	Bal arısı arka bağırsağı
<i>B. dentium</i>	Diş çürüğü ve bebek bağırsağı
<i>B. inopinatum, B. tsurumiense</i>	Diş çürüğü

Gıdalarda en yaygın kullanılan *Bifidobacterium* türü *B. animalis* ssp. *lactis* dir. Bu tür *B. longum* (*infantis*), *B. breve* ve *B. bifidum* gibi insan gastrointestinal sisteminde bulunan türlere göre çevre koşullarına daha dirençlidir. *Bifidobacterium* türleri aside karşı daha az tolerans gösterdiklerinden pH'sı 4,6'nın altında olan fermente gıdalarda gelişme gösterememektedirler. Ancak *B. animalis* ssp. *lactis* diğer türlere göre oksijen stresine ve gastrointestinal ortama daha toleranslı olduğundan asidik gıdalarda en fazla kullanılan türdür (Boylston ve ark. 2004, Crittenden 2004, Favaro-Trindade ve ark. 2007, Masco ve ark. 2007, Yılmaz-Ersan ve ark. 2018).

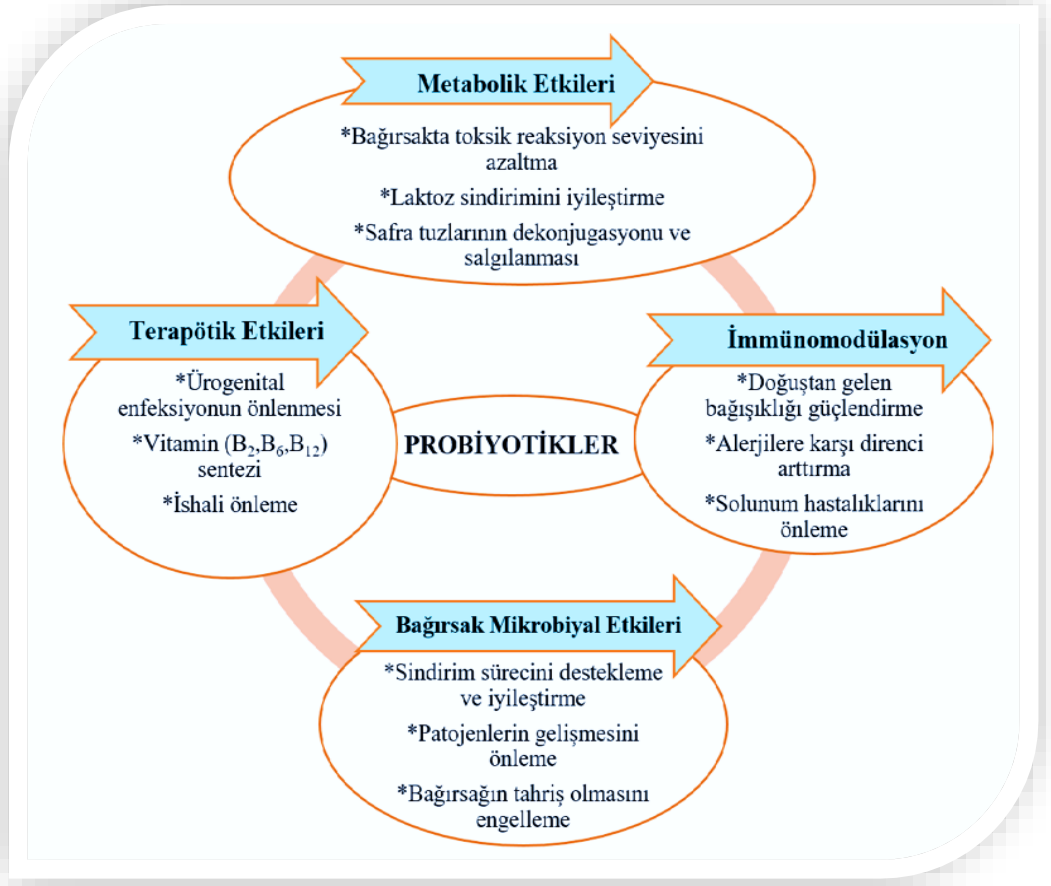
Bifidobacterium türleri bağırsak mikrobiyotasında, anne sütü ile beslenen bebeklerde toplam bakteri florasının %95'ini, çocuk ve yetişkinlerde ise %10'unu oluşturmaktadırlar. Doğumla birlikte en yüksek sayıda olan % *Bifidobacterium* mikrobiyotasının zamanla azalma gösterdiği ve 60 yaş üzerinde yaklaşık sifira kadar düştüğü bildirilmektedir (Kato ve ark. 2017, O'Neill ve ark. 2017).

2.2.6. Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri

Probiyotiklerin insan sağlığı üzerine olumlu etkisine dair yapılan bilimsel çalışmalarda, gastrointestinal enfeksiyonlar, antimikrobiyal aktivite, laktoz metabolizmasında düzelme, serum kolesterolünde azalma, bağışıklık sistemini stimüle etme, antimutajenik, antikanserojenik, antidiyaretik özellikler, inflamatuvar bağırsak hastalığında iyileşme (lseratif kolit ve crohn hastalığı), *Helicobacter pylori* bakterisinin eliminasyonu, alerjik rahatsızlıklar, obezite, insülin direnci sendromu, tip 2 diyabet, alkolsüz yağlı karaciğer hastalığı, bağırsak mikrobiyotasını patojenlere karşı koruma, bebek ishalleri, idrar yolları iltihabı, osteoporoz, hiperkolesterolemi gibi birçok hastalığı önleyici ya da tedavi edici özellikleri ispatlanmıştır (şekil 2.5). Probiyotikler, etkilerini ortaya koymak için her zaman bağırsak sisteminde kolonize olmamaktadırlar. *Bifidobacterium longum* gibi bazı probiyotikler insan intestinal mikrobiyotasının bir parçası olurken, *Lactobacillus casei* mevcut mikrobiyotayı yeniden şekillendirerek ya da etkileyerek etkisini dolaylı olarak geçici bir şekilde göstermektedir (Amil-Dias ve ark. 2017, Markowiak ve Slizewska 2017, George Kerry ve ark. 2018, Wan ve ark. 2018, Galdeano ve ark. 2019).

Probiyotik mikroorganizmaların hastalıkları nleme ya da tedavi edebilme potansiyeline dair etki mekanizmaları řu şekildedir;

- i) Kısa zincirli yağ asitleri, organik asitler, bakteriyosinler gibi inhibe edici maddeler üretirler,
- ii) Patojenler ile rekabet ederek bu mikroorganizmaların tutunmasını ve kolonizasyonunu engellerler,
- iii) Laktaz, maltaz, skraz gibi enzimlerin aktivitesini arttırabilirler,
- iv) Toksin reseptörlerini yıkıma uğratırlar,
- v) Kanseri türlerine karşı mutajenik ve genotoksik etki gösterebilirler,
- vi) Bağışıklık sistemini sitümüle ederler (Panesar 2011, Boza-Mendez ve ark. 2012, Nagpal ve ark. 2012, Prentice 2014, Akan ve Kınık 2015, Fernndez ve ark. 2015, Meira ve ark. 2015, Santiago-Lpez ve ark. 2015, He ve ark. 2017, Markowiak ve Slizewska 2017, Niamah ve ark. 2017, Yang ve ark. 2017).



Şekil 2.5. Probiyotiklerin sağlık üzerine olumlu etkileri

2.2.7. Probiyotiklerin güvenilirliği

Günümüzde ticarî probiyotik ürünler hakkındaki mevcut bilgiler bu ürünlerin güvenilir olduklarını göstermesine rağmen bu mikroorganizmaların bazı olumsuzluklara neden olabileceği de bildirilmektedir. Probiyotiklerin neden olabileceği olumsuzluklar;

- Bakterilerin yer değiştirme, gastrointestinal sistem sınırını geçme ve enfeksiyona yol açma gibi özellikleri bağırsak bakterilerinin yer değiştirmesi, bağırsak mukozası hasarı, bakteriyel floranın anormal hale gelmesi ve bakterilerin mukozal yüzeye yapışması gibi çeşitli faktörler tarafından teşvik edilmektedir.

- ii) Bakteriyel translokasyon ve antibiyotik direnci gibi farklı yan etkilere neden olabilmektedirler.
- iii) Probiyotiklerin metabolik aktivitesi zararlı metabolik etkilere ve bağışıklığın aşırı uyarılmasına sebep olabilmektedir (Amil-Dias ve ark. 2017).

WHO/FAO çalışma grubu; i) antibiyotik direncin, toksin üretiminin ve hemolitik potansiyelin test edilmesi gerektiğini, ii) D-laktat üretimi ve safra tuzunun dekonjugasyonu gibi metabolik aktivitelerin değerlendirilmesini, iii) yan etkileri değerlendirmek ve insan çalışmalarını yürütmek için yeni probiyotik suşlarının güvenlik açısından değerlendirilmesini, iv) ticari üreticilerin pazarda gözetim altında tutulmasını ve v) konakçıda probiyotik organizmanın etkisini belirlemek için immün sistemi baskılanmış hayvanlarda kullanımlarının incelenmesini önermiştir. Bu amaçla günümüzde DNA-DNA hibridizasyon 16 teknikleri veya 16S rRNA dizi analiz teknikleri kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Gelişmiş yöntemler kullanılarak taksonomik analizler sonucu tanıları doğru bir şekilde yapılmayan suşlar, probiyotik olarak kesinlikle sınıflandırılmamalıdır (Doron ve Snyderman 2015, Guarner ve ark. 2017, Sanders ve ark. 2019).

2.2.8. Probiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımı

“İçerisinde konakçı sağlığı üzerinde yararlı etkileri olan mikroorganizmaları içeren çeşitli enzim, vitamin ve aroma bileşenleri ile takviye edilmiş direkt kapsül ya da tablet haline getirilmiş diyet destekleyicisi ürünler ve gıdalar” probiyotik ürün olarak sınıflandırılmaktadır (Hill ve ark. 2014, Anonim 2017a, Markowiak ve Ślízewska 2017). Probiyotik ürünler ile bu sınıfta yer almayan ürünlerin sınıflandırılması Şekil 2.6’da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Probiyotik ürünler için genel çerçeve (Hill ve ark. 2014)

Probiyotikler yüzyıllardır farklı kültürlerde çeşitli besin maddeleri aracılığıyla kullanılmaktadır. Ekşi inek ve keçi sütünden yapılan “leben raib” antik Mısır’da, benzer olarak “Jahurt” (yoğurt) Balkanlarda yaygın olarak tüketilmektedir. Fermente süt, Hindistan’da İ.Ö. 800-300 yıllarından beri, Türkiye’de 8. yy.’den bu yana bilinmektedir. “Ajran” (ayran) Rusya’da 12. yy’den beri ve “Tarho” Macaristan’da 14. yy’den beri kullanılmaktadır (Markowiak ve Slizewka 2017). İnsan sağlığının destekleyicisi olarak görülen bu tip ürünlere olan ilginin giderek artması ve ilaç kullanımına karşı olan ön yargılar dünya genelinde probiyotik mikroorganizmaları içeren fermente süt ürünlerine talebi her geçen gün arttırmaktadır (Ünal ve Erginkaya 2010, Rakib ve ark. 2017).

En eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan fermantasyon işlemi ile karakteristik tat, aroma ve kıvama sahip, işlem görmemiş çiğ süte göre daha uzun süre bozulmadan saklanabilen süt ürünleri üretilmektedir. Bu ürünler içerisinde yer alan yoğurt, kefir ve benzeri fermente süt ürünleri, sindirilebilirlikleri yüksek, zararlı mikroorganizmaların gelişmesine engel olan bağırsak mikrobiyotasını koruma ve düzeltme özelliğine sahip antitümör, antikanserojenik ve antikolesterol özellikler gösteren starter kültürleri içeren ve laktoza duyarlılığı olan kişilerce güvenli bir şekilde tüketilebilen gıda ürünleridir.

Ayrıca beslenme fizyolojisi açısından hayvansal protein kaynağı olarak önemli fonksiyonlara sahip olan fermente süt ürünleri karbonhidrat, yağ ve proteini dengeli oranda; kemik yapısı için gerekli olan kalsiyumu yüksek oranda içermektedir. Kalorisinin düşük olması, ferahlatıcı özellikleri, üstün besin değeri ve her çeşit sütten yapılabilmesi nedeniyle hazır gıda olarak tüketime uygun olan önemli bir besin grubunu oluşturmaktadırlar. Türk Standartları Enstitüsü TS 1330 Yoğurt Standardı'nda yoğurt; inek sütü (TS 1018), koyun sütü (TS 11044), manda sütü (TS11045), keçi sütü (TS 11046) veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün (TS 1019) gerektiğinde süt tozu ilavesiyle (TS 1329) homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve TS 10935-Yoğurt Yapım Kuralları Standardı'na uygun işlemlerden sonra elde edilen ürün olarak tanımlanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'nde ise *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin laktik asit fermentasyonu ile meydana gelen koagüle bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır. Yoğurt çeşitleri; pıhtısı kırılmamış (set tipi), pıhtısı parçalanmış (stirred tip), içilebilir, dondurulmuş, meyveli, konsantre ve aromalı olarak sınıflandırılmaktadır (Anonim 2009, Panesar 2011, Shiby ve Mishra 2013, Gasmalla ve ark. 2017).

Yoğurt, kefir ve benzeri fermente süt ürünlerinin insan sağlığı ve beslenme üzerindeki yararlı etkisi uzun süredir bilinmektedir. Önceleri oldukça ilkel yöntemlerle ve az miktarda üretilen bu ürünler, zaman içinde gelişen teknolojiye ayak uydurarak gerek kalite açısından iyileşmiş ve gerekse çeşit yönünden zenginleşmiştir. Bugün ise dünyada üretilen tüm fermente süt ürünlerinin isimleri tam olarak bilinmemekte, fakat sayılarının birkaç yüz civarında olduğu tahmin edilmektedir. Fermente süt ürünlerinin incelendiği çalışmalarda üzerinde durulan en önemli nokta üretimde kullanılan mikroorganizmalardır. Son zamanlarda bu ürünlerin besleyici, diyetetik ve terapötik özelliklerini iyileştirmek amacıyla probiyotik mikroorganizmaların kullanılması yaygınlaşmıştır. *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un bağırsak sisteminde yaşama yetenekleri çok düşük olduğundan, yoğurda ekstra fizyolojik ve besin değeri kazandırmak amacıyla bu kültürlerle ek olarak *Bifidobacterium* türleri, *Lb. acidophilus*, *Lb. lactis*, *Lb. casei* gibi probiyotik kültürler de ilave edilmektedir (Yılmaz 2006, Yılmaz-Ersan ve Kurdal 2014, Lindsay ve ark. 2015, Walsh ve ark. 2016, Rosa ve ark. 2017).

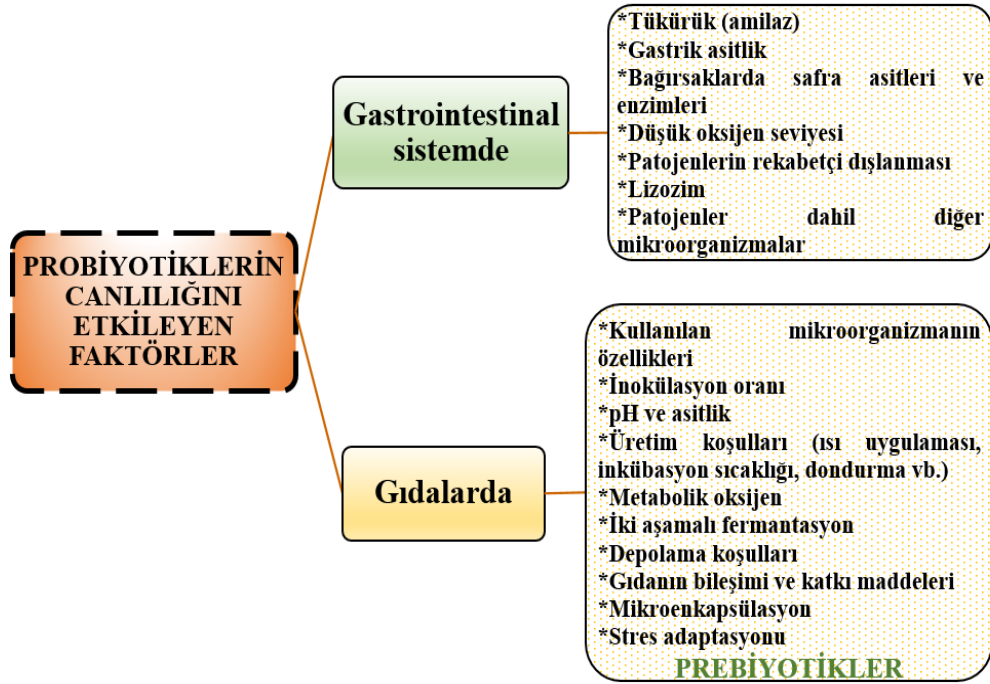
2.2.9. Probiyotiklerin canlılığını etkileyen faktörler

Probiyotiklerin sindirim enzimleri, mide asitleri ve safra tuzları en düşük seviyede iken tüketilmesi önerilmektedir. Sert sindirim koşullarına maruz kalmayı en aza indirmek amacıyla, midenin asitliğini tamponlayan içerikteki yiyeceklerden önce aç karnına alındığında probiyotiklerden en iyi fayda sağlanmaktadır. *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Saccharomyces*'in yemekten önce, sırasında ve sonrasında canlılığını inceleyen bir çalışmada; yemekten 30 dk önce probiyotik ve sonrasında hafif yağlı bir öğün tüketimi, probiyotiklerin canlılığını olumlu yönde etkilerken, yemekten 30 dakika sonra alındığında ise canlılık üzerine olumsuz etkide bulunduğu saptanmıştır. Probiyotik mikroorganizmalar gerek tablet olarak kullanıldığında gerekse süt ürünleri gibi gıda olarak tüketildiklerinde sağlık üzerine beklenen olumlu etkiyi gösterebilmeleri için dikkat edilmesi gereken bazı kriterler vardır. Bu kriterler; i) mikroorganizmanın türü (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* türleri ya da mayalar), ii) günlük alınan mikroorganizma sayısı (10^7 - 10^{10} kob/g ya da mL), iii) günlük tüketilme sıklığı (1 ya da daha fazla), iv) tüketildiği zaman (yemek öncesi, yemekle birlikte ya da sonrası), v) tüketme süresi (1 günden bir kaç aya kadar), vi) tüketilme şekli (kapsül, toz ya da gıdalar ile) ve vii) gastrointestinal sistemde canlılığını devam ettirebilme kabiliyetidir (Tompkins ve ark. 2011, Boza-Mendez ve ark. 2012, Santiago-López ve ark. 2015).

Türkiye’de probiyotik gıdalar hakkında yasal düzenlemeler “Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği Ek 6” da belirtilmiş olup, probiyotik gıdanın içerisinde raf ömrü sonuna kadar yeterli miktarda canlı mikroorganizma (1×10^6 kob/g ya da mL) içermesi gerektiği ifade edilmiştir (Anonim 2017a). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’nde ise toplam spesifik mikroorganizmanın en az 10^7 kob/g, etikette belirtilen toplam ilave mikroorganizma 10^6 kob/g olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2009).

FDA probiyotik gıdalarda bakteri sayısının tüketim anında en az 10^6 kob/g ya da mL olmasını tavsiye etmektedir. Bazı araştırmacılar ürünlerin raf ömrü dikkate alındığında probiyotik etkinin görülebilmesi için gerekli miktarın en az 10^8 - 10^9 kob olması gerektiğini belirtirken, bu sayıya ulaşabilmek için günlük 100 gram probiyotik ürün tüketilmesini tavsiye etmektedirler (Karimi ve ark. 2011, Tripathi ve Giri 2014, Akan ve Kınık 2015).

Probiyotik bakterilerin canlılığını etkileyen faktörler çok yönlü olup birkaç kombinasyon aynı anda etkili olabilmektedir. Probiyotiklerin canlılığını hem gıda matriksinde hem de gastrointestinal sistemde etkileyen faktörler Şekil 2.7’de verilmektedir. Şekilde belirtilen faktörlerden başka, tüketen kişilerin genetik özellikleri, etnik kökeni, yaş ve genel sağlık durumu probiyotiklerin canlılığını etkileyen diğer faktörler olarak belirtilmektedir (Amund 2016, Lamba ve ark. 2019).



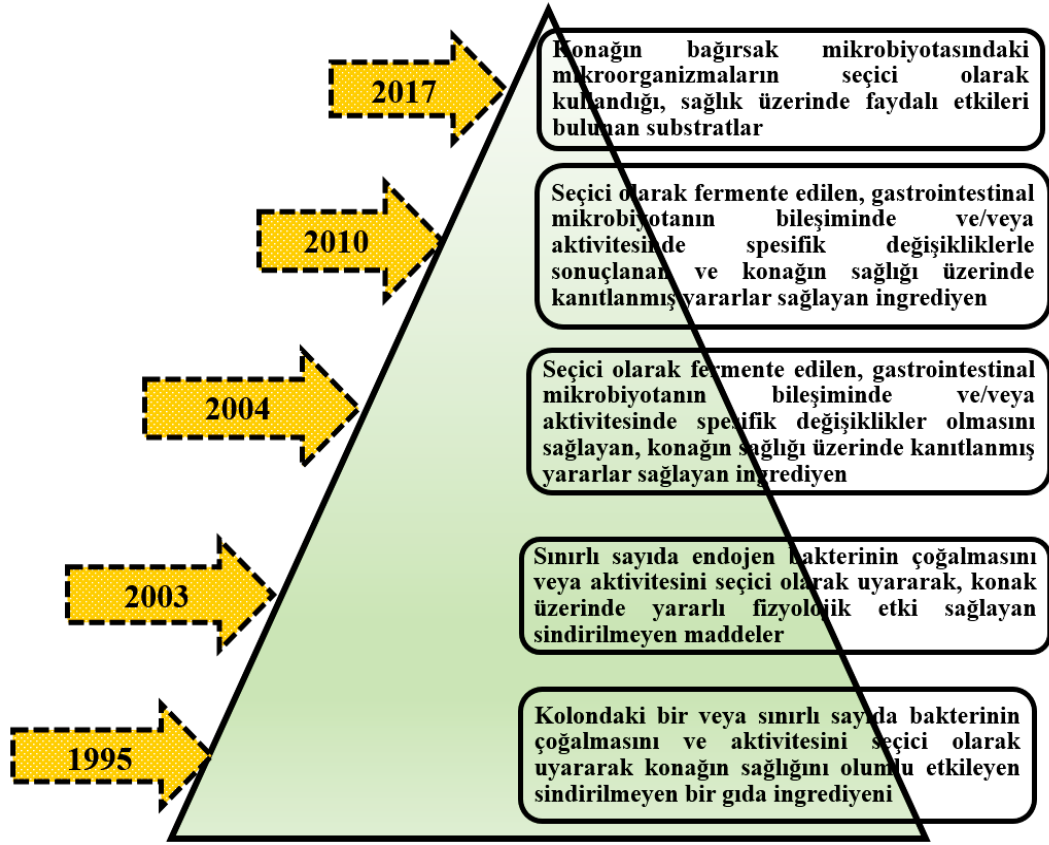
Şekil 2.7. Probiyotiklerin gastrointestinal sistemde ve gıdalarda canlılığını etkileyen temel faktörler

2.3. Prebiyotikler

2.3.1. Prebiyotiklerin tanımı ve tarihçesi

Prebiyotik kavramı, ilk kez Gibson ve Roberfroid (1995) tarafından “kolondaki bir ya da sınırlı sayıdaki bakterinin gelişme ve/veya aktivitesini seçici olarak uyararak konakçıya yararlı etkiler sağlayan bu nedenle insan sağlığını iyileştirici özelliklere sahip sindirilemeyen gıda bileşenleri” olarak ifade edilmiş olup günümüze kadar farklı şekillerde tanımlanmıştır (Şekil 2.8). Gibson ve Roberfroid daha sonra bu tanımları “gastrointestinal mikrobiyotanın hem kompozisyonunda hem de aktivitesinde spesifik değişiklikler oluşturarak konakçının sağlığı üzerine yararlı etkiler sağlayan seçici olarak fermente edilen ingrediven” olarak revize etmiştir. Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilimsel Derneği ise prebiyotik kavramını 2017 yılında “konağın bağırsak mikrobiyotasındaki mikroorganizmaların seçici olarak kullandığı, sağlık üzerinde faydalı etkileri bulunan substratlar” şeklinde güncellemiştir. Bu tanımlamalara göre bir bileşen, prebiyotik olarak adlandırılabilmesi için *in vitro* ve *in vivo* testlerle kanıtlanmış olan aşağıdaki kriterleri sağlamalıdır.

- ✚ Düşük pH’lı mide asitliğine, enzimatik sindirime ve intestinal emilime dirençli olmalı,
- ✚ İntestinal mikrobiyota tarafından fermente edilebilmeli,
- ✚ Konakçı sağlığı ve fizyolojisi ile ilişkili yararlı bağırsak mikrobiyotasının gelişme ve/veya aktivitesini seçici olarak stimüle edebilmeli,
- ✚ İnsan denemelerinde test edilmeli,
- ✚ Bilimsel etkisinin kanıtlanabilmesi için yeterli miktarda kullanılmış olmalıdır (Gibson ve ark. 2010, Alak 2011, Al-Sheraji ve ark. 2013, Krasaekoopt ve Watcharapoka 2014, Bindels ve ark. 2015, Yılmaz-Ersan ve ark. 2016a, Demirci ve ark. 2017, Gibson ve ark. 2017, Usta ve Yılmaz-Ersan 2017, Yılmaz-Ersan ve ark. 2018).



Şekil 2.8. Prebiyotik tanımının tarihsel değişimi (Gibson ve Roberfroid 1995, Reid ve ark. 2003, Gibson ve ark. 2004, Gibson ve ark. 2010, Gibson ve ark. 2017)

Prebiyotik konseptin temel hedefi, özellikle potansiyel patojenik bakteri grupları varlığında dahi *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* ssp. gibi probiyotik bakterilerin gelişimini seçici olarak uyarmasıdır. Bu seçicilik özelliği, glikosidik bağlantı tipi, dallanma tipi ve derecesi ya da ilave modifikasyonlar ve polimerizasyon derecesi gibi karbonhidrat özellikleri ile sağlanabilmektedir. Fruktoligosakkarit ve polisakkaritlerin karışımı olan inulin hariç, en iyi bilinen prebiyotikler 3 ile 10 arası karbonhidrat monomerlerinden oluşan sindirilemeyen oligosakkaritlerin bir karışımıdır. Oligosakkaritler polimerizasyon derecesi 2 ve 9 olan, düşük molekül ağırlıklı ve diyet lifi benzeri özelliklere sahip karbonhidratlardır. Kuşkonmaz, soğan, sarımsak ve pırasada fruktanlar, soya fasulyesinde stakiyoz, memeli hayvanların sütlerinde oligosakkaritler olarak bulunmaktadır. Oligosakkaritler suda kolayca çözünür ve zincir uzunluğu arttıkça azalan miktarda tatlılık göstermektedirler. Su bağlama ve jelleşme özellikleri

nedeni ile yağ ikame maddesi olarak kullanımı heksoz molekülleri ve retikülasyon sayısı ile artmaktadır. Prebiyotik bileşenlerin doğal kaynakları arasında; tahıllar ve baklagiller, hindiba, soğan ve sarımsak gibi sebzeler, ejderha ve kriko meyvesi gibi birçok gıda yer almaktadır (Hansen 2012, Özcan ve ark. 2016).

2.3.2. Prebiyotiklerin gıda takviyesi olarak kullanımı

Prebiyotikler gıda takviyesi ya da özel gıda olarak da satışı sunulabilmektedir. Gıda takviyeleri, tüketicilere belirli bir tür prebiyotiğin ve istenen doz seviyesinde tüketimini arttırmanın kolay bir yolunu sağlayabilmektedir. Prebiyotik takviyeler etiketlenmiş olarak satışı sunulabildiği gibi doğrudan yiyeceğin üzerine serpilebilmekte, içeceklere karıştırılmakta ya da kapsül, tablet, çiğnenebilir madde olarak raflarda bulunabilmektedir. En yaygın kullanılan prebiyotikler, suda çözünebilmekte, tamamen berrak olduğu için gıdalara kolayca katılabilmekte ve olumsuz özelliklere neden olmamaktadırlar. Sporcu içecekleri, zayıflama tozları, hazır içilebilir protein destekleri ve özel beslenme amaçlı üretilen barlar tüketicilerin prebiyotiklere ulaşması konusunda alternatif gıdalar olarak geliştirilmektedir (Anadón ve ark. 2016).

Prebiyotikler gıda takviyesi olarak, süt ürünleri, dondurulmuş tatlılar, unlu mamüller, kahvaltılık gevrekler, işlenmiş et ürünleri ve bebek mamalarında, besinsel özelliklerinin yanısıra tekno-fonksiyonel özellikleri (tatlandırıcı, yağ ikamesi, duyuusal ve tekstürel özellikleri geliştirici) nedeni ile de kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Ayrıca bu bileşenlerin yüksek sıcaklık, düşük pH ve maillard reaksiyonları gibi gıda işleme proseslerine dayanıklı olmaları gıda katkı maddesi olarak kullanımlarını da arttırmaktadır (Yılmaz-Ersan ve ark. 2012, Özcan ve ark. 2016, Yang ve Xu 2018).



Şekil 2.9. Prebiyotiklerin farklı gıda uygulamalarına dair tekno-fonksiyonel özellikleri

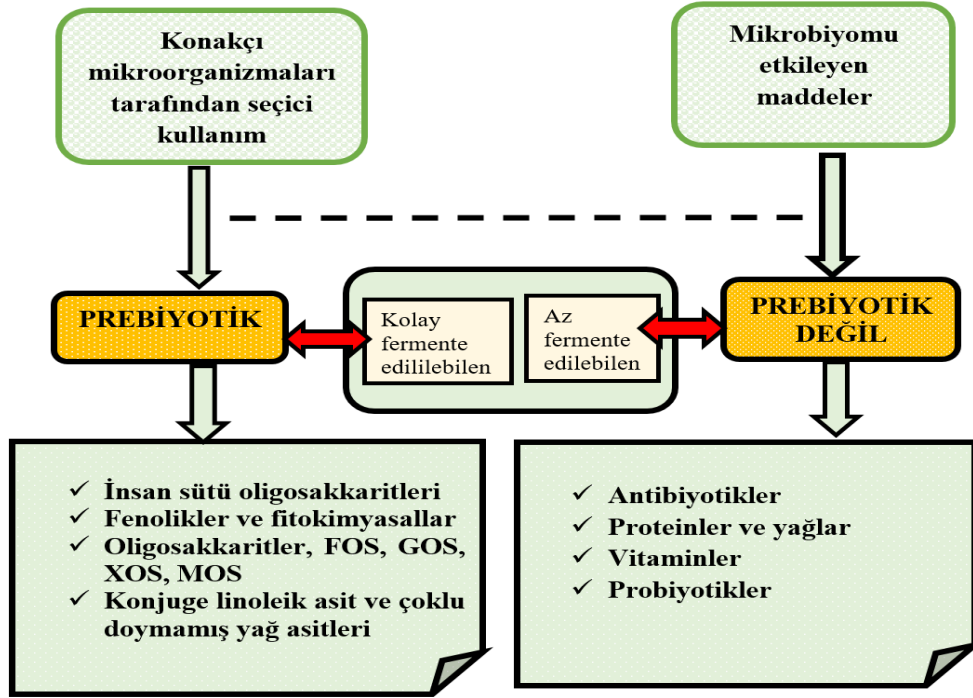
2.3.3. Prebiyotiklerin medikal amaçlı kullanımı

Prebiyotikler, yetişkin ve pediatrik hastalarda diyabet, kanser, böbrek yetmezliği, metabolik stres, travma ve immünoşüpresyon gibi çeşitli hastalıkları tedavi edici olarak kullanılmaktadırlar. Prebiyotiklerin bağırsakta fermente edilmesi sonucu laktik asit ve kısa zincirli yağ asitleri (asetik, propiyonik ve bütirik asit) ile birlikte karbondioksit, metan ve hidrojen gibi gazlar oluşmaktadır. KZYA'lar, i) kolon epitel hücreleri için gerekli enerjiyi sağlarlar, ii) bağırsak pH'sını düşürürler, iii) putreaktif ve patojen bakterilerin gelişmesini engellerler, iv) bağırsak epitel hücrelerini mekanik, kimyasal ve mikrobiyal zararlardan korurlar, v) sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerin emilimini arttırırlar, vi) immun sistemin düzenlenmesine yardımcı olurlar, vii) gastrointestinal sistemde bazı tokluk hormonlarının salınımını düzenleyerek iştah üzerinde de etkili olurlar, viii) enfeksiyonel bağırsak hastalıkları riskini azaltırlar ve

ix) antitümörenejik etki göstermektedirler. Ayrıca prebiyotiklerin, putreaktif, toksik, mutajenik ve genotoksik bileşenlerin konsantrasyonunu düşürdüğü, kanser riskini azalttığı, glisemik kontrolü geliştirdiği, B grubu vitaminlerinin sentezlenmesini sağladığı, dışkılama miktarını arttırdığı ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği bildirilmektedir. Hastalara prebiyotik ile zenginleştirilmiş ürünler verildiğinde, fermantasyon yolu ile kolonositlere kısa zincirli yağ asitleri temin edilmekte, bağırsak fonksiyonları ve bütünlüğü normalleştirilmekte ve hastane ortamında kolonizasyon direncinin oluşturulması sağlanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, antibiyotik ile ilişkili diyare, kolit gibi çeşitli irritabl bağırsak rahatsızlıkları ve tıbbi beslenme tedavisi için formüle edilmiş bir diyet alırken genel bağırsak sağlığının korunması gibi durumlarda prebiyotikler alternatif tedavi edici olarak kullanılmaktadırlar. Prebiyotiklerin insan sağlığı üzerinde olumlu etki gösterebilmesi için günlük önerilen miktar tüketicinin yaşına, fizyolojisine ve kullanılan prebiyotiğin türüne göre değişiklik göstermektedir. Prebiyotiklerin günlük önerilen dozları ülkelerin yasal düzenlemelerine göre değişiklik gösterebilmektedir (Alak 2011, Mugambi ve ark. 2012, Özden 2013, Coşkun 2014, Lohner ve ark. 2014, Bindels ve ark. 2015, Sanders 2015, Yasmin ve ark. 2015, Anadón ve ark. 2016, Hutkins ve ark. 2016, Sakin ve Tanoglu 2016, Markowiak ve Ślizewska 2017, Taşdemir 2017, Davani-Davara ve ark. 2019). Türkiye’de prebiyotik gıdalar hakkında yasal düzenlemeler “Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği Ek 2”de belirtilmiştir. Prebiyotik bileşen tüketiminin devam formülleri ile bebek ve küçük çocuk ek gıdaları için 8 g/gün’ü aşmaması, devam formülleri için en az 0,6 g/100 kcal ve en çok 1,2 g/100 kcal; bebek ve küçük çocuk ek gıdaları için ise en az 0,6 g/100 kcal olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2017b).

Günümüzde mevcut prebiyotiklere göre daha düşük maliyetli yeni doğal kaynaklar bulmak için çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, sağlık üzerindeki etkileri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılan frukto-oligosakkaritler (FOS) ve galakto-oligosakkaritler (GOS) ticari prebiyotikler olarak kabul edilmektedir (Gavlighi ve ark. 2013, Karlton-Senaye ve Ibrahim 2013, Karlton-Senaye ve ark. 2015a).

Fruktooligosakkaritler ve galaktooligosakkaritlerin yanı sıra monosakkaritler, alkoller, çoklu doymamış yağ asitleri, amino asitler, organik asitler, bitkisel ve mikrobiyal ekstraktlar birçok bileşiğin prebiyotik özelliklere sahip olduğu *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarla doğrulanmaktadır (Şekil 2.10) (O’Sullivan ve ark. 2010, Patel ve Goyal 2012).

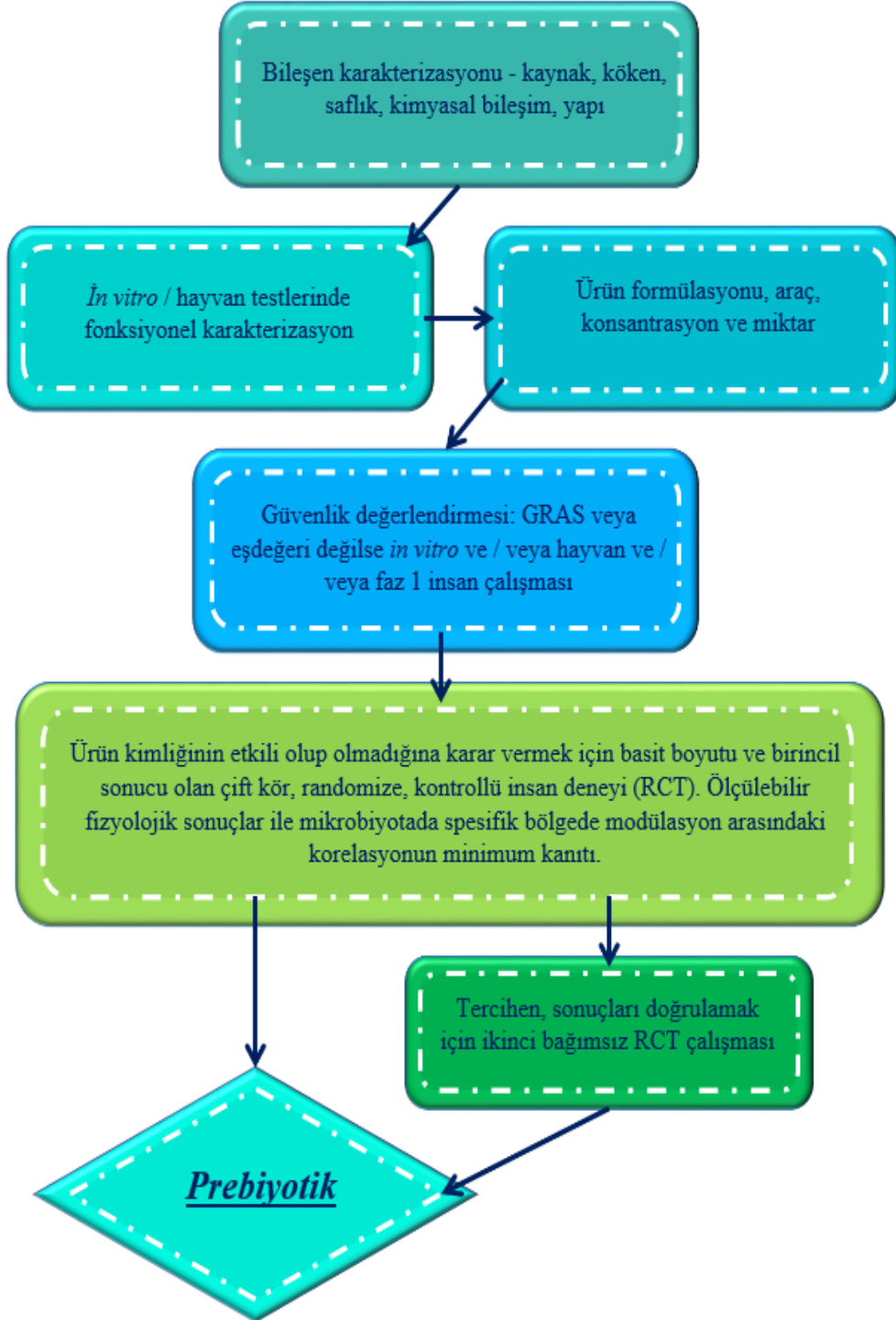


Şekil 2.10. Prebiyotiklerin sınıflandırılması (Gibson ve ark. 2017)

2.3.4. Yeni bir substrat için prebiyotik etkinin değerlendirilmesi

GOS ve FOS'lere alternatif olabilecek, bağırsağın doğal florasında bulunan probiyotik bakterilerin gelişmesini teşvik edebilen prebiyotik kaynakların ortaya çıkarılması üzerine yapılan çalışmalarda da son yıllarda artış gözlenmektedir. 2024 yılına kadar prebiyotik pazarının yükseliş göstereceği ve 8,5 milyar dolara kadar büyüyeceği tahmin edilmektedir (Gomez ve ark. 2010, Mandalari ve ark. 2010, Polari ve ark. 2012, Fonteles ve Rodrigues 2018).

Şekil 2.11’de FAO tarafından bildirilen bir ürünü prebiyotik olarak değerlendirebilmek için uygulanması gereken işlem süreci verilmiştir.



Şekil 2.11. Bir bileşenin prebiyotik olarak tanımlanabilmesi için FAO tarafından bildirilen işlem süreci

Şekil 2.11'deki akış şeması dikkate alındığında izlenecek adımlar;

- i) Önerilen substratın orijini, saflığı, kimyasal bileşimi ve yapısı, taşıyıcı materyali, konsantrasyonu ve insanlar için önerilen tüketim miktarı belirlenmeli,
- ii) Özellikle gastro intestinal sistemde mikrobiyotanın modülasyonu ve ölçülebilir fizyolojik sonuçlar (doygunluk sağlayıcı, endokrin metabolizmasını düzenleyici, besin elementlerinin emilimini arttırıcı, enfeksiyon süresini azaltıcı, bağırsak hareketlerini düzenleyici ve antikarsinojenik etkisi) arasında korelasyon olduğuna dair bilimsel kanıtlar olmalı,
- iii) Komponent yapısı (kimyasal yapı ya da gıda bileşimi), sağlık üzerine yararlı etkileri ve modülasyon özellikleri gibi karakteristikleri belirlenmiş olmalı,
- iv) GRAS statüsünde ya da Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından önerilen Nitelikli Güvenilir Olarak Kabul Edilen (Qualified Presumption Safety; QSP) sınıfına dahil olmalı,
- v) Minimum semptom ve yan etkileri olan güvenli tüketim seviyeleri oluşturulmalı,
- vi) Substrat toksik, mutajenik ve kontaminantlar ile bulaşık olmamalı,
- vii) Konakçı mikrobiyotasını uzun süreli zararlı etkileri olacak şekilde değiştirmemeli,
- viii) Üretim süreci standartlaştırılmalı ve yüksek miktarlarda üretilebilmelidir (Wang 2009, Espirito-Santo ve ark. 2011, Slavin 2013, Najgebauer-Lejko 2014, Anadón ve ark. 2016).

Bu aşamalar kapsamında bir substratın prebiyotik etkisinin belirlendiği fermantasyon çalışmalarında nicel ve karşılaştırmalı analizler sonucu uygulanan eşitlikler Çizelge 2.2'de verilmektedir (Palframan ve ark. 2003, Vulevic ve ark. 2004, Cardarelli ve ark. 2007, Huebner ve ark. 2007, Kondepudi ve ark. 2012, Hashemi ve ark. 2013, Usta ve ark. 2015).

Çizelge 2.2. Bir substratın prebiyotik etkisinin belirlenebilmesi amacıyla uygulanan eşitlikler

EŞİTLİK	TANIMI
ÖZÜMSEME ORANI	Belirli bir zamanda kolonda bakteriler tarafından gerçekleşen sakkaritik fermentasyon sonucu ortamda kalan substratın konsantrasyonu
BAKTERİYEL POPULASYONDA DEĞİŞİM	$\ln N_t = \ln N_0 + \mu t$ N _t : Fermentasyon sonrası bakteri sayısı N ₀ : Başlangıçtaki bakteri sayısı μ: Spesifik gelişme oranı (s ⁻¹)
PREBİYOTİK İNDEKS (PI)	$PI = (Bif/Total) - (Bac/Total) + (Lac/Total) - (Clos/Total)$ Bif: inokulasyon / örnekleme sırasındaki <i>Bifidobacterium</i> türlerinin sayısı Lac: inokulasyon / örnekleme sırasındaki <i>Lactobacillus</i> türlerinin sayısı Bac: inokulasyon / örnekleme sırasındaki <i>Bacteriodes</i> türlerinin sayısı Clos: inokulasyon / örnekleme sırasındaki <i>Clostridium</i> türlerinin sayısı Total: inokulasyon / örnekleme sırasındaki Toplam bakteri sayısı
DÜZELTİLMİŞ PREBİYOTİK İNDEKS (PI_M)	$\mu_{max}Bif + \mu_{max}Lac + \mu_{max}Erec - \mu_{max}Bac - \mu_{max}Clos - \mu_{max}Ec + \mu_{max}SRB$ Bif: <i>Bifidobacterium</i> türlerinin sayısı Lac: <i>Lactobacillus</i> türlerinin sayısı Erec: <i>Eubacterium</i> türlerinin sayısı Bac: <i>Bacteriodes</i> türlerinin sayısı Clos: <i>Clostridium</i> türlerinin sayısı Ec: <i>Escherichia coli</i> SRB: Sülfat indirgeyen bakteri
PREBİYOTİK AKTİVİTE SKORU (PAS)	Belirli fermentasyon süreleri içerisinde probiyotik bir mikroorganizmanın gelişimini destekleyen substrat ile glukoz gibi prebiyotik olmayan substratlar üzerinde mikroorganizma gelişiminin logaritmik konsantrasyon oranının enterik mikroorganizmalar ile karşılaştırılması
KZYA ÜRETİMİ	$T_{KZYA} = A + B + P$ A: Asetik asit B: Bütirik asit P: Propiyonik asik
PREBİYOTİK ETKİNİN ÖLÇÜLMESİ (MPE)	$MPE = \frac{1}{2} \sqrt{x^2 y^2} + \sqrt{x^2 z^2} + \sqrt{y^2 z^2}$ x: Özümseme oranı (A _r) y: Düzeltilmiş prebiyotik indeks (PI _m) z: Laktik asitin toplam KZYA'ne oranı

2.4. Sinbiyotik

Sinbiyotik terimi bağırsakta yararlı bir mikrobiyal popülasyonu teşvik etmek için aralarında sinerjik etki bulunan probiyotik ve prebiyotiklerin kombinasyonunu içeren gıdaları tanımlamak için kullanılmaktadır. Sinbiyotikler seçici olarak fizyolojik bağırsak mikrobiyotasının gelişimini ve/veya aktivitesini sağlayarak konak sağlığında faydalı etkiler oluşturmaktadır. Bir sinbiyotik ürün oluştururken öncelikle uygun bir probiyotik ve prebiyotik seçilmeli, ayrıca kullanıldığında konağın sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösteren probiyotik ve prebiyotik bir araya getirilmelidir (Miremadi ve ark. 2016, Markowiak ve Ślizewska 2017).

Probiyotiklerin prebiyotiklerle birlikte kullanıldığında daha uzun süre canlı kalabilecekleri düşünüldüğünden besin ve destek amaçlı bir ürün olan sinbiyotiklerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin probiyotik ve prebiyotiklerin ayrı uygulandıklarında gösterdikleri etkiye göre daha fazla olacağı düşünülmektedir. *Lactobacillus* türleri ile laktitolün birlikte verilmesi buna bir örnektir (Maukonen ve ark. 2008, Peitsudou ve ark. 2012).

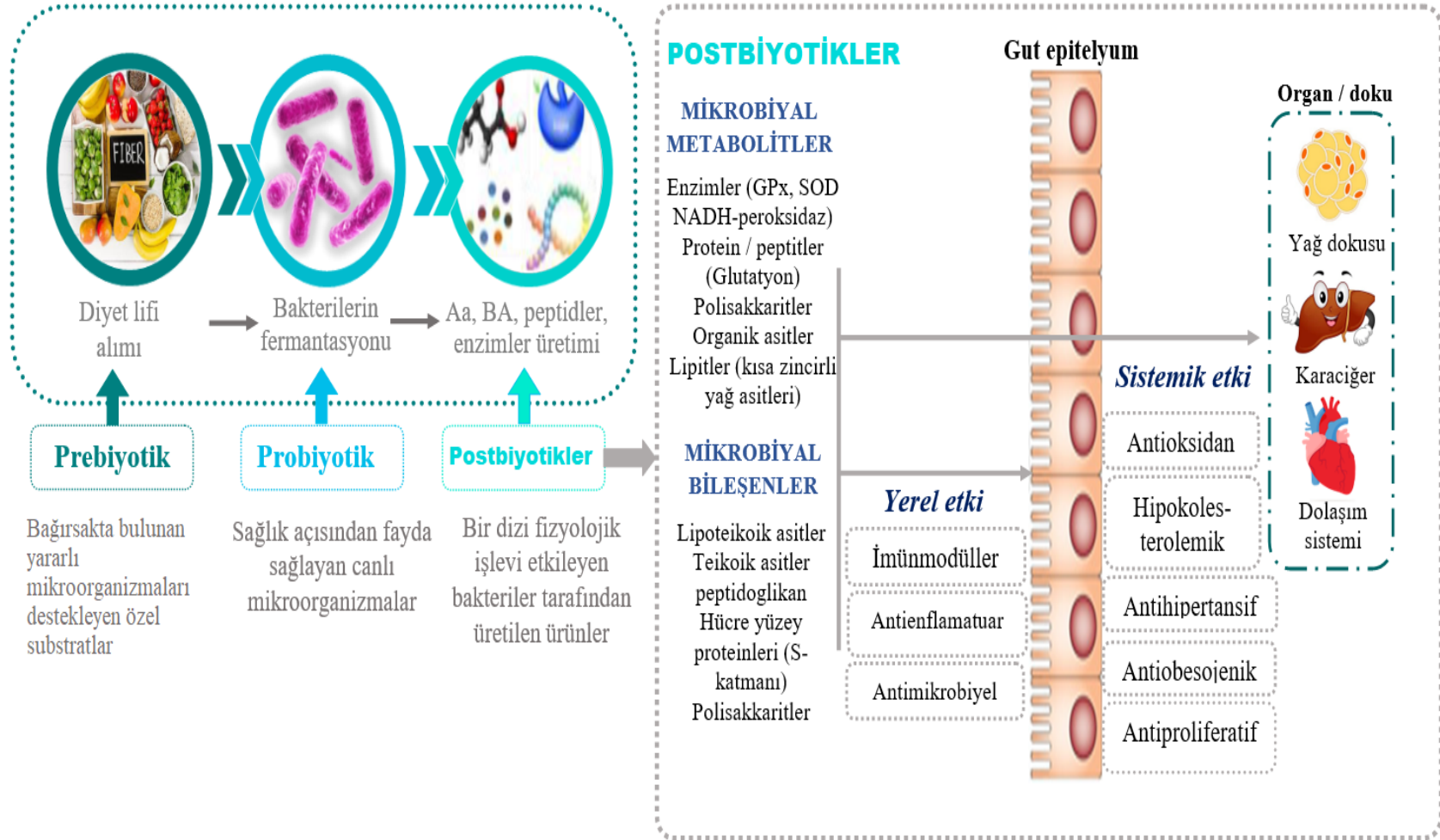
Sinbiyotiklerin kullanılan probiyotik ve prebiyotik kombinasyonu ile sağlık üzerindeki etkileri arasında ilişki bulunmaktadır. Sinbiyotiklerin tüketiminin temel amacı, probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemde canlı kalma süresini arttırmak ve bağırsak sağlığını geliştirmektir. Probiyotikler sindirim sisteminde oksijen, düşük pH ve sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterememekte ve canlılıklarını koruyamamaktadırlar. Özellikle yoğurt gibi süt ürünlerinde pH, H₂O₂, organik asitler, oksijen, nem gibi çeşitli faktörler probiyotiklerin canlılığı üzerinde etki göstermektedir. Bu nedenle, prebiyotik ve probiyotiklerin kombinasyonu olan sinbiyotikler gıda endüstrisinde depolama süresi boyunca ürünün stabilitesini korumada önemli avantajlar sunmaktadır (Kumar ve ark. 2009, Sekhon ve Jairath 2010, Hill ve ark. 2014, Markowiak ve Ślizewska 2017).

2.5. Postbiyotikler

Postbiyotikler, “parabiyotikler”, “canlı olmayan probiyotikler”, “inaktif probiyotikler”, “metabiyotikler”, “biyojenikler” ya da “hayalet probiyotikler” olarak adlandırılmaktadır. Konakçıda doğrudan ya da dolaylı olarak biyolojik aktiviteye sahip olan, probiyotik mikroorganizma tarafından üretilen canlı olmayan mikrobiyal hücreler ya da metabolik yan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Kısa zincirli yağ asitleri, enzimler, organik asitler (laktik asit), peptitler, teyikoik asit, peptidoglikan bazlı muro peptitler, endo ve ekzopolisakkaritler, hücre duvarı proteinleri, bakteriyosinler (asidofilin, bifidin, reuterin), vitaminler ve plasmalojenler postbiyotikleri oluşturmaktadır. Postbiyotiklerin immünomodülatör, antienflamatuvar, antibakteriyel, antikarsinojenik ve antiproliferatif özelliklere sahip olduğu ve çölyak hastalığının önlenmesinde etkili olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda parabiyotikler olarak adlandırılan canlı olmayan hücrelerin canlı probiyotikler ile karşılaştırıldığında;

- i) gıda bileşenleri ile daha az etkileşim,
- ii) daha kolay işleme prosesi,
- iii) sıcaklık prosesinden önce ilave edilme olasılığı,
- iv) enfeksiyon riski, bağışıklık uyarılması, mikrobiyal translokasyon gibi durumlarda daha güvenilir olduğu ve
- v) depolama ve taşıma kolaylığı gibi avantajlara sahip olduğu bildirilmektedir.

Bunun yanısıra postbiyotiklerin gıdalarda biyokoruyucu özellik gösterdikleri de saptanmıştır. Şekil 2.12’de prebiyotik, probiyotik ve postbiyotik arasındaki ilişki verilmiştir (Tsilingiri ve Rescigno 2013, Sharma ve Shukla 2016, Aguilar-Toalá ve ark. 2018, Guimarães ve ark. 2019, Malashree ve ark. 2019).



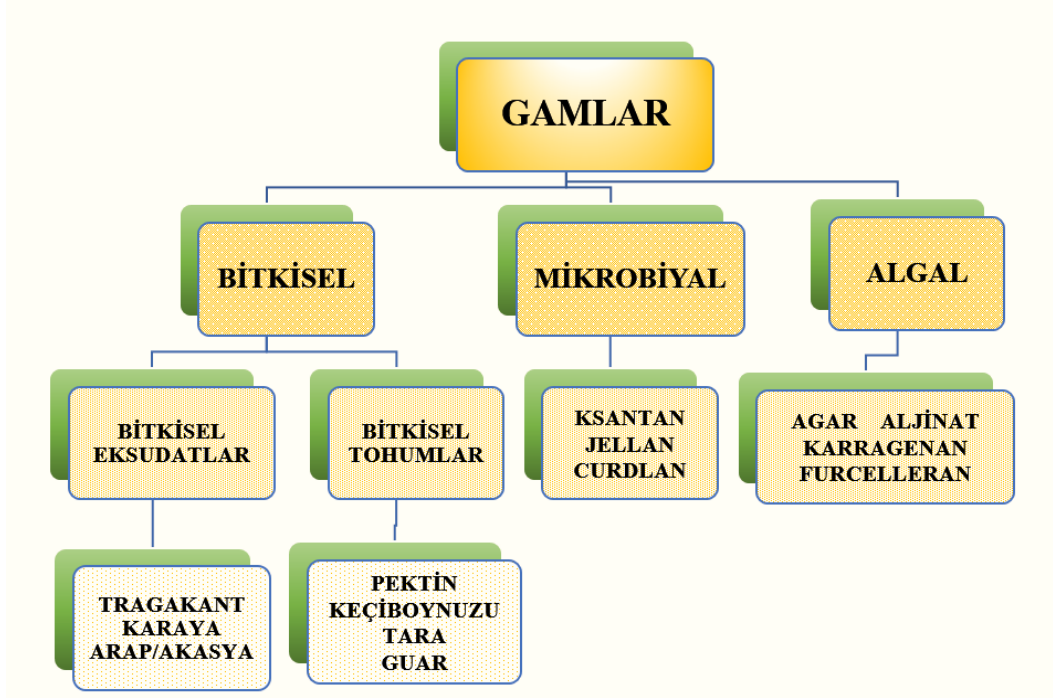
Şekil 2.12. Prebiyotik, probiyotik ve postbiyotik arasındaki ilişki

2.6. Gamlar

2.6.1. Gamların tanımı ve elde edildiği kaynaklar

Gamlar “bitki tohumlarının endospermi, deniz yosunları, bakteriler, tohum ve ağaç gövde salgıları gibi bitkisel ve hayvansal kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarıyla ya da mikrobiyal fermantasyonla elde edilen kompleks polisakkaritler” olarak tanımlanmaktadır. Gamlar, kıvam artırıcı ve/veya jelleştirici bir etki vermek için suda dağılabilen veya çözünebilen polimerik maddelerdir. Bu maddeler kolloid yapıda, nem tutucu ve hidrofilik özellikleri yüksek olduğundan hidrofilik kolloidler veya hidrokolloidler olarak da bilinmektedirler. Hidrokolloid terimi; bitkilerden, deniz yosunundan ya da mikrobiyal kaynaklardan ekstrakte edilmiş, bitki eksüdatlarından alınmış ve selüloz ya da nişastadan, kimyasal veya enzimatik uygulamalar ile elde edilen modifiye biyopolimerler gibi çoğu polisakkariti kapsamaktadır. Gamlar, kimyasal olarak karbonhidratlarla ilişkili olmakla beraber selüloz, nişasta, şeker, asitler, karbon, hidrojen ve oksijen tuzlarından oluşmaktadır. Gamlar ayrıca kalsiyum, magnezyum, potasyum ve bazen azot da içermektedirler (Phillips ve Williams 2000, Imeson 2010, Wüstenberg 2014).

Gamlar ekstrakte edildiği kaynak, kimyasal yapısı ve fiziksel karakteristiklerine bağlı olarak deniz yosunu ekstraktları, bitki ekstraktları (ağaç gövde salgıları), çekirdek ekstraktları ve mikrobiyal fermantasyon gamları şeklinde sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.13). Gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılan *Leguminosae* familyasına ait akasya (arabik) gam, tragakant gam, guar gam ve keçiboynuzu gamı bitkisel gamlar; agar, aljinat ve karregenan deniz yosunu ekstrakte gamları; ksantan gam, curdlan gam ve jellan gam ise mikrobiyal fermantasyon gamlarına örnek gösterilmektedir (Özcan-Yılsay ve ark. 2001, Dickinson 2003, Wüstenberg 2014, Li ve Nie 2016).



Şekil 2.13. Gamların elde edildiği kaynaklara göre sınıflandırılması (Imeson 2010, Wüstenberg 2014).

2.6.2. Gamların fonksiyonel özellikleri

Gamlar suda hem dağılabilme (dispersiyon) hem de çözünebilme özelliğine sahip, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskoziteli solüsyonlar veren polimerik maddelerdir. Gamlar, genellikle gıda yapısını iyileştirmek, nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmak, nem kaybını azaltmak, ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla kıvam arttırıcı, emülsifiye edici, kayganlaştırıcı ve stabilizatör olarak gıda endüstrisinde güvenilir kabul edilen GRAS statüsünde yer almakta ve Kodeks Alimentarius Komisyonu tarafından verilen E-kodları ile sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2.3, Burey ve ark. 2008, Milani ve Melaki 2012, Anonim 2013a). Gamlar, gıdaların fonksiyonel ve tekstürel özelliklerine katkıda bulunmanın yanı sıra LDL-kolesterol, toplam kolesterol ve glikoz oranını azaltarak kardiyovasküler hastalık ve diyabet riskini düşürme ve serumdaki üre azotunu önemli derecede azaltma gibi sağlık üzerine olumlu etkiler göstermektedirler (Moosa 2006, Al-Ghazzewi ve ark. 2007, Masood ve ark. 2007, Shahzadi ve ark. 2007, Kaur ve ark. 2009, Phillips ve Phillips 2011, Roberts 2011).

Gamlar, diyet lifinin sindirilemez kısmı olarak kabul edilmekle birlikte gamlarda bulunan polisakkaritlerin çoğu mikroorganizmalarla parçalanabilmektedir fakat insan bağırsağında uygun enzimlerin bulunmaması nedeniyle insan bağırsağı tarafından sindirilememektedir. Bu nedenle sindirime uğramadan kalınbağırsağa kadar ulaşabilen gamların prebiyotik potansiyeli üzerine çalışmalar artış göstermektedir (Jan 2002, Salminen ve ark. 2002, Parvez ve ark. 2006, Karlton-Senaye ve İbrahim 2013, Yılmaz-Ersan ve ark. 2016a).

2.7. Ksantan Gam

2.7.1. Ksantan gamın tanımı ve kimyasal yapısı

1950 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Northern Regional Araştırma Labotatuvarı'nda (NRRL) keşfedilen ksantan gam, doğal bir polisakkarit ve önemli bir endüstriyel biyopolimerdir. Polisakkarit B-1459 veya ksantan gam, “lahana ve karnabahar gibi lahanalı sebzelerde doğal olarak bulunan *Xanthomonas campestris*, *Xanthomonas pelargonii*, *Xanthomonas phaseoli* ve *Xanthomonas malvacearum* gibi *Xanthomonas* türleri tarafından aerobik fermantasyon yoluyla üretilen hücre dışı bir heteropolisakkarit” olarak tanımlanmaktadır (Farhadi ve ark. 2012, Niknezhad ve ark. 2016).

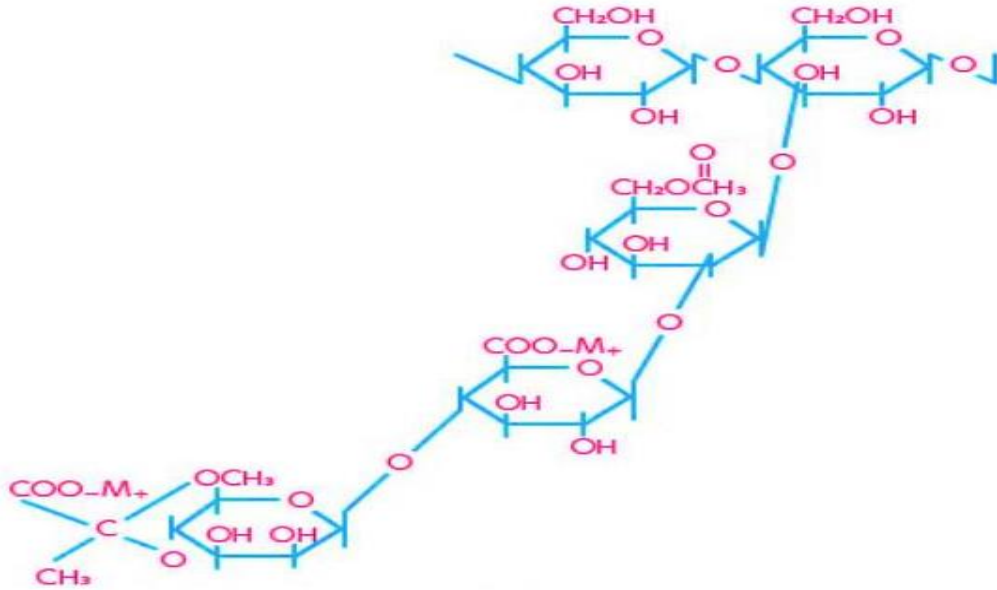
Ksantan gam, ana yapısı iki glikoz birimi, iki mannoz birimi ve bir glukuronik asit biriminden oluşan pentasakkarit birimlerinin tekrarlanmasıyla elde edilen uzun zincirli bir heteropolisakkarittir (Şekil 2.14). Ana zinciri 1 ve 4 pozisyonlarında bağlanan β -D-glikoz birimlerinden oluşan ksantan gamın yan zincirlerinde mannoz ve glukuronik asit bulunmaktadır. Kimyasal yapısı selülozun kimyasal yapısı ile aynı olan ksantan gam, ortalama 2000 kDa moleküler ağırlığa sahip olan yüksek molekül ağırlıklı bir mikrobiyal heteropolisakkarittir (Kongruang ve ark. 2005, Tiwari ve ark. 2010, Nateghi ve ark. 2012a, Abbaszadeh ve ark. 2015, Wang ve ark. 2017).

Çizelge 2.3. Gıda endüstrisinde kullanılan gamların özellikleri

GAMIN ADI	E KODU	KAYNAĞI	KİMYASAL BİLEŞİMİ	FONKSİYONEL ÖZELLİKLER	KULLANILDIĞI GIDALAR
ALJİNAT	E 400	Kahverengi Yosun özütü / aljinik asit türevleri	Mannuronik ve gluronik asit zincirleri	Stabilize edici, emülsifiye edici, film oluşturucu, jelleştirici, yağ ikame edici	*Fırıncılık ürünleri, Süt ürünleri, Jöle ve puding üretimi, *Dondurulmuş gıdalar, Yağı azaltılmış margarin benzeri ürünler *Reçel, marmelat, jöle *Krema ve toz krema *Aromalandırılmamış pastörize krema (yağı azaltılmış kremalar hariç)
AGAR	E 406	Kırmızı alglerin hücre duvarı (<i>Rhodophyceae</i>) <i>Gelidium</i> , <i>Gracilaria</i> ve <i>Pterocladia</i> türleri	Galaktoz ve anhidrogalaktoz, düşük sülfat içeriği	Doku stabilizörü, inceltici madde	*Şekerlemeler ve tatlılar *Aromalandırılmamış, fermantasyonu devam eden krema ürünleri ve % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Reçel, marmelat, jöle
KARRAGENAN	E 407	<i>Rhodophyceae</i> sınıfına dahil <i>Gigartineaceae</i> ve <i>Soliericeae</i> gibi kırmızı deniz yosunları	Anhidrogalaktoz birimleri ve değişen oranlarda sülfat grupları	Jelleştirici, kalınlaştırıcı ve sinerezisi kontrol edici, emülsiyonu stabilize edici	*Süt ürünleri, Fırıncılık ürünleri, Et ve balık ürünleri, Jöle, tatlı ve meyveli ürünler, Salata sosları *Krema ve toz krema *Aromalandırılmamış pastörize krema (yağı azaltılmış kremalar hariç) *Aromalandırılmamış, fermantasyonu devam eden krema ürünleri ve % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Aromalandırılmış fermente süt ürünleri, ısıl işlem görmüş ürünler dahil *Reçel, marmelat, jöle *Bebek devam formülleri *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar
KEÇİBOYNUZU GAMI	E 410	Tohum endosperminin ekstraktları (<i>Leguminosae</i>)	Mannoz ve galaktoz	Kıvam arttırıcı, jelleştirici ve su bağlayıcı	*Sosis, salam ve süt ürünleri *Aromalandırılmamış, fermantasyonu devam eden krema ürünleri ve % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Reçel, marmelat, jöle *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar *Bebek devam formülleri
GUAR GAM	E 412	Guar bitkisinin (<i>Cyamopsis tetragonolobus</i> , <i>Leguminosae</i> familyası) tohumları	Mannoz ve galaktoz	Kalınlaştırıcı, stabilizatör	*Süt ürünleri, sos ve çeşni *Aromalandırılmamış, fermantasyonu devam eden krema ürünleri ve % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Reçel, marmelat, jöle *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar *Bebek devam formülleri

TRAGAKANT GAM	E 413	<i>Astragalus</i> cinsi baklagilden elde edilen bir eksuda	Galaktoz, ksiloz, früktoz ve arabinoz	Koyulaştırıcı, stabilizatör, su bağlayıcı	*Şekerlemeler, Dondurma, Krema *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar
ARAP GAMI AKASYA GAMI	E 414	<i>Acacia Senegal</i> ağacının bitki özsuğu	Galaktoz, arabinoz, glukuronik asit ve ramnoz	Emülsifiye edici stabilizör, kalınlaştırıcı, tatlandırıcı, parlaticı	*Şekerlemeler, Fırıncılık ürünleri *Çikolata ürünleri *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar *Şarap, üzüm şırası
KSANTAN GAM	E 415	<i>Xanthomonas campestris</i> mikroorganizmaların dan üretilen selüloz derivatı	Glukoz, mannoz ve glukuronik asit	Emülsiyeye edici, kalınlaştırıcı ajan	*Fırıncılık, pasta ürünleri *Aromalandırılmamış, fermantasyonu devam eden krema ürünleri ve % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Reçel, marmelat, jöle *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar
TARA GAM	E 417	<i>Caesalpinia spinosa</i> tohumlarının endospermi	Mannapiranoz ve galaktopiranoz	Stabilizör	*Dondurulmuş tatlılar, krem peynir ve fermente süt ürünleri
GELLAN GAM	E 418	<i>Pseudomonas elodea</i> mikrobunun saf kültürü	Gulukuronik asit, ramnoz, glukoz	Jelleştirici ajan	*Şekerleme, soslar, tart ve pudingler, ekmek dolguları ve süt ürünleri
CURDLAN GAM	E 424	<i>Agrobacterium radiobacter</i> 'in patojenik ve toksijenik olmayan suşu	Glukoz birimleri	Jelleştirme ajanı, kalınlaştırıcı ve bağlayıcı	*Tatlı ve şekerlemeler
KONJAC	E 425	<i>Amorphophalus konjac</i> ' in yumruları	Mannan galaktoz oranı 6:1 olan lukozil ve mannozil	Kalınlaştırıcı	*Erişte, Jöle üretimi
PEKTİN	E 440	Meyve özü	Galakturonik asit ve ramnoz molekülleri	Jelleştirme, kıvam verme, emülsifiye etme ve stabilite sağlama	*Aromalandırılmamış ve fermantasyonu devam eden krema ürünleri, % 20'den az yağ içeren ikame ürünler *Sadece elma kompostosu dışındaki meyve kompostoları *Reçel, marmelat, jöle *Sıvı formdaki sofralık tatlandırıcılar *Bebek devam formülleri *Ek gıda *Meyve sebze suyu ve nektarları

Ksantan gam herhangi bir sınırlama olmadan gıda katkı maddesi olarak kullanım için FDA tarafından izin verilen bir katkı maddesidir. *X. campestris* kullanılarak üretilen gam talebi ve üretiminin yıllık %5-10 oranında giderek arttığı ve yılda 30000 ton ksantan gamın üretildiği tahmin edilmektedir (Salah ve ark. 2010, Ghashghaei ve ark. 2016, Li ve ark. 2016).



Şekil 2.14. Ksantan gamın kimyasal yapısı

2.7.2. Ksantan gamın çözünürlük ve viskozite özellikleri

Ksantan gam soğuk ve sıcak suda çözünebilmekte olup sıcaklık değişimlerine dirençli ve termal olarak kararlı yapıdadır. Gliserol içinde 65°C'de doğrudan çözünebilmekte ancak organik çözücüler içerisinde genellikle çözünmemektedir. Parçacık büyüklüğü arttıkça gam daha kolay dağılabilir hale gelmekte ancak çözünme yavaşlamaktadır. Yüksek hızda karıştırma ile çözünme 15-30 dakikada sağlanırken düşük hızdaki karıştırıcı ile 1 saatte çözünmektedir. Sıcaklık artışı ile çözelti viskozitesi azalmakta ancak soğuyunca eski hale gelmektedir. Asidik bir çözelti içerisinde doğrudan çözünebilmekte, ancak gam çözeltisi hazırlandıktan sonra asidin eklenmesi ile daha iyi çözünme sağlamaktadır.

Amilazlar, proteazlar, pektinazlar ve selülozlar gibi enzimlere karşı oldukça dirençlidir. Birçok organik asit ve keçiyoynuzu gamı, guar gam, tara gam ve konjak gam gibi gamlar ile güçlü bir sinerjistik etki oluşturmaktadır. Ksantan gamın bütün gam çözeltileri arasında en iyi psödoplastik (anlık, tersine çevrilebilir) davranış gösteren gam çeşidi olduğu bildirilmektedir (De Vrese ve Schrezenmeir 2008, Imeson 2010).

Ksantan gam düşük konsantrasyonlarda bile oldukça viskoz ve kararlı bir çözelti üretebilmektedir. Sudaki çözeltisi birçok gıdada uygun bir viskozite arttırıcı, stabilizatör ve emülgatör olarak kullanılmaktadır. Ksantan gam çözelti içerisinde olumsuz koşullar altında yan zincirleri sayesinde çok iyi stabilite sağlamaktadır. Yan zincirlerdeki negatif yüklü karboksil grupları, su ile karıştırıldığında moleküllerin çok viskoz akışkanlar oluşturmasını sağlamaktadır (Jantzen ve ark. 2013, Niknezhad ve ark. 2015).

Marcotte ve ark. (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada karragenan, pektin gelatin, nişasta ve ksantan gam sulu çözeltilerinin (%1-6 konsantrasyonda) 20, 40, 60, 80°C sıcaklıklarda 0-300 s⁻¹ kayma hızı aralığında reolojik ölçümleri yapılmıştır. Gamların hepsinin psödoplastik davranış gösterdiği, ksantan gamın en fazla psödoplastik davranışa sahip olduğu ve sıcaklığa en az bağlı gam olduğu saptanmıştır.

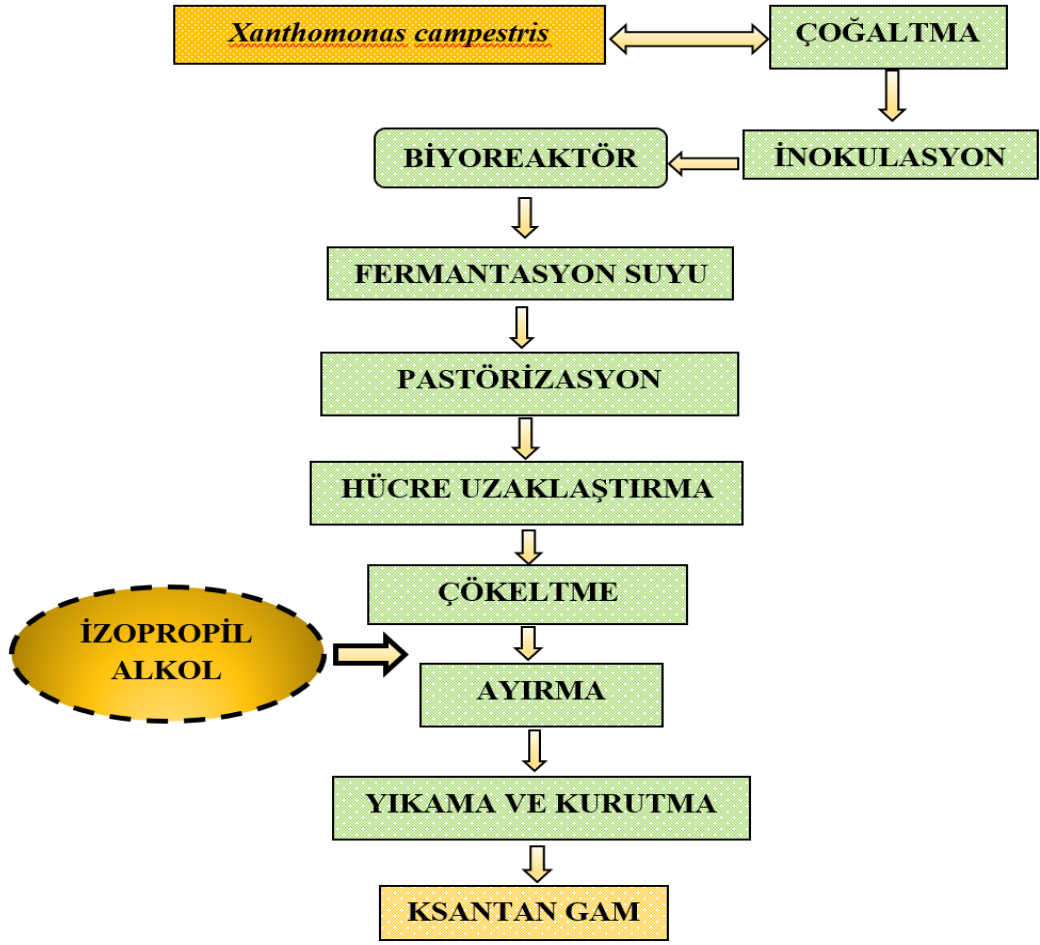
Endüstriyel ölçekte üretilen ilk doğal biyopolimer olan ksantan gamın güvenliği kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Akut toksisitesi hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda oral olarak değerlendirilmiş ve 20 g/kg vücut ağırlığına kadar ksantan gam konsantrasyonlarında önemli bir toksisite görülmemiştir (Freitas ve ark. 2015). Gıdalarda kullanılan ksantan gamın genel özellikleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Ksantan gamın genel özellikleri

E Kodu	E 415
Kaynağı	Bakteriyel polisakkaritlerin fermentasyonu
Kimyasal kompozisyon	Glikoz, mannoz, glukuronik asit
Toksikoloji	Belirlenmiş ADI (Acceptable Daily Intake/ Kabul Edilebilir Günlük Alım) değeri yok
Düşük sıcaklıkta suda çözünme	Yüksek - %100
Sulu çözeltisinin görünümü	Opak
Sulu çözeltisinin viskozitesi	Çok yüksek, %0,5 ten az tuz içeriğinde viskozite ve stabiliteyi artırır
pH stabilitesi	Yüksek ($2 < \text{pH} < 10$)
Film oluşturma	Yüksek
Emülsiyon stabilizasyonu	Yüksek
Kalınlaştırma etkisi	Yüksek
Kristalizasyon kontrolü	Yüksek
Gıdada kullanım miktarı	%0,05-0,5

2.7.3. Ksantan gamın endüstriyel üretimi

Endüstriyel ölçekte ksantan gamın mikrobiyal üretimi sürekli olmayan bir süreçtir. Öncelikle seçilen mikrobiyal suşun istenilen özelliklerini koruması amacıyla çeşitli yöntemlerle uzun süreli depolanması sağlanmaktadır. Bu kültürden az miktarı alınarak katı yüzeylerde ya da sıvı ortamlarda çoğaltılmakta ve biyoreaktöre inokule edilmektedir. Başlangıçta seçilen suşun inokülasyonundan sonra yaklaşık 3 gün 30°C'de fermentasyon yapılmakta ardından sıvı besiyerinin pastörizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Santrifüj edilerek hücresel bileşenler uzaklaştırılmakta, izopropil alkol ile yapılan çökeltme işlemi sonrasında ksantan gam geri kazanılmaktadır. Lifler filtrasyon ile ayrılarak paketleme öncesi kurutulmakta ve öğütülmektedir (Şekil 2.15). Ksantan gam yaklaşık %11 oranında nem içeriğine ve %6-9 oranında kül içeriğine sahiptir. Kirli beyaz renkte bir toz halinde satışa sunulan ksantan gamın yıllık üretiminin yarısı gıda uygulamalarında kullanılmaktadır (Imeson 2010, Salah ve ark. 2010, Khosravi-Darani ve ark. 2013, Ghashghaei ve ark. 2016).



Şekil 2.15. Ksantan gam üretim akım şeması

2.7.4. Ksantan gamın gıda endüstrisinde kullanım alanları

Ksantan gam soğuk ve sıcak suda hızla dağılarak viskoz solüsyonlar üretebilmektedir. Bu çözeltiler asit, tuz ve sıcaklığa karşı stabiliteye sahiptir. Aynı zamanda, psödoplastik özelliği nedeni ile ksantan gam içeren ürünler iyi bir ağız hissi oluşturmaktadır. Ksantan gam bu özellikleri sayesinde et ve deniz ürünleri, meyveler için yenilebilir kaplamalar, süt ürünleri, salata sosları, kuru karışımlar ve dondurulmuş gıdalar, soslar, şuruplar, çorbalar, içecekler, çikolata, tatlılar ve biyolojik olarak parçalanabilir gıda ambalajlarının yapısında kıvam arttırıcı ve stabilizatör madde olarak kullanılmaktadır (Çizelge 2.5) (Anonim 2013b, Mohammadi ve ark. 2014, Sharma ve Rao 2014, Syafiq ve ark. 2014, Kim ve ark. 2014a,b, Cho ve Yoo 2015).

Çizelge 2.5. Ksantan gamin gıdalarda uygulama alanları

GIDA	KULLANIM ORANI	İŞLEVİ
Hamur	% 0,1 – 0,15	Hacmi geliştirme ve gaz tutma, un çökmesini azaltma, donma-çözünmeyi stabilize etme, kurutma sırasında nemi kontrol etme
Et ürünleri	% 0,2 – 0,5	Su bağlama kapasitesini artırma, sinerezisi önleme, az yağlı et ürünlerinde yağ ikame edici olarak kullanım
Yenilebilir kaplama (meyve)	2,5 g/L	Esmerleşme enzimlerinin aktivitesini önleme, raf ömrünü uzatma
Yenilebilir kaplama (et ve deniz ürünleri)	2,5 g/L	Bozulmayı yavaşlatma, ürünün duyu özelliklerini geliştirme, düşük seviyelerde proteoliz ve lipit oksidasyonu sağlama
Fırıncılık ürünleri	% 0,05 – 0,3	Su bağlama kapasitesi, çap ve kalınlığı artırma, nakliye hasarlarına karşı direnci arttırma, raf ömrünü uzatma, yumurta ikame maddesi olarak kullanılma, renk, tat ve görünüm bakımından iyileşme sağlama
Süt ürünleri	% 0,05 – 0,3	İdeal viskozite ve kararlılığı geliştirme, işlem sırasında ısı transferini arttırma, buz kristali büyümesini kontrol etme, ısıl şoklara karşı koruma
Salata sosları	% 0,15 – 0,5	Geniş sıcaklık aralığında sabit viskozite ve uzun dönemli stabiliteyi geliştirme
Kuru karışımlar	% 0,05 – 0,2	Hızlı ve yüksek viskozite sağlama, tekstürü ve lezzeti geliştirme, sulandırılmış içeceğin kalitesini arttırma, ürünün görünüşünü iyileştirme
Dondurulmuş gıdalar	% 0,05 – 0,2	Buz kristallerinin büyümesini sınırlama, sinerezisi en aza indirme, nişastanın kısmi ikamesi olarak uygulama
Soslar	% 0,1 – 0,3	Kalınlaştırma ajanı, yüksek viskozite sağlama
Şuruplar	% 0,5	Mükemmel donma-çözünme stabilitesi
Çorbalar	% 0,3 – 0,5	Kalınlaştırma ajanı, yüksek viskozite gelişimi ve sıcaklık değişimlerine karşı stabilite
Çikolata	% 0,3 – 2	Çikolatada kako yağı yerine yeni bir alternatif, yağı ve kaloriyi azaltma, vizkoziteyi arttırma
Tatlılar	% 0,25	Kalınlaştırıcı madde, elastikiyet özelliklerinde artış sağlama
İçecekler	% 0,05 – 0,2	Arzu edilen ağız hissini sağlama, meyve pulpu parçacığı içeren içeceklerde süspansiyonun korunmasına yardımcı olma
Kapsüllemiş gıda	% 0,5 – 1	Enkapsülasyon etkinliğini arttırma, higroskopik ürünler ile atmosferden nem emilimini önleme

2.7.5. Ksantan gamın süt ürünlerinde kullanımına yönelik alışmalar

Keogh ve O’Kennedy (1998) tarafından yapılan bir çalışmada stirred tipi yoğurtta jelatin, nişasta veya ksantan gam/keçiboynuzu gamı (50:50 oranında) karışımı kullanılarak reolojik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Jelatin ve ksantan gam/keçiboynuzu gamı içeren örneklerde bu maddelerin oranı arttıa yoğurt kıvamının arttığı tespit edilmiştir. Yoğurtta kullanılan ksantan gam/keçiboynuzu gamı karışımı oranı %13-16’dan daha düşük olduğunda serum ayrılmasında artış gözlenirken daha yüksek oranlarda kullanıldığında serum ayrılmasında azalma olduğu saptanmıştır.

El-Sayed ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada laboratuvarıda üretilen ksantan gamın ve farklı oranlardaki diğer gamlarla karışımlarının yoğurt ve soya yoğurdunun kimyasal, mikrobiyolojik, reolojik, mikro-yapısal ve duyuusal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ksantan gam veya karışımları ilavesinin depolama süresince yoğurt ve soya yoğurdu örneklerinin pH değerleri, toplam katı madde içerikleri ve laktik asit bakteri sayılarındaki değişimler üzerinde belirgin bir etki göstermediği ancak kullanılan stabilizatörün türü ve oranının yoğurt örneklerinin viskozite değerleri üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır. Yoğurt rneklerinin sinerezise yatkınlığı ksantan gam veya karışımlarının ilavesi ile azalırken, taze soya yoğurt örneklerinin hiçbirinde sinerezis saptanmamıştır. %0,05 ksantan gam ilave edilen soya yoğurdu depolama süresince sinerezise karşı yüksek direnç göstermiştir. %0,01 ksantan gamlı yoğurt ile % 0,005 ksantan gamlı soya yoğurdunun mikro yapıları incelendiğinde, kazein ve kazein parçacıkları boyutlarında en az azalma gösterdiği ayrıca duyuusal olarak en yüksek puanlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Fruktoz ve siyah üzüm ekstraktı içeren peynir altı suyuna kefir taneleri inoküle edilerek kefir-benzeri içecek üretilmiştir. İeeğin asit ortamda kazein koaglasyonunu ve sedimentasyonunu önlemek, reolojik ve duyuusal özelliklerini geliştirmek amacı ile %20 oranında süt ve stabilizatör olarak da çeşitli polisakkaritler (ksantan gam, guar gam, yüksek metoksilli pektin) ilave edilmiştir. Ksantan gam ilavesinin düşük konsantarsyonda dahi (%0,2) diğer stabilizatörlere göre ürünün reolojik özellikleri üzerine daha etkili olduğu saptanmıştır (Paraskevopoulou ve ark. 2003).

Everett ve McLeod (2005) tarafından yapılan çalışmada düşük-metoksilli pektin (0,5-1,0-2,0-3,0-4,0 ve 5,0 g/L), karragenan (0,5-1,0-3,0 ve 5,0 g/L), guar gam (0,5-1,0 ve 5,0 g/L), keçiyoynuzu gamı (0,5-1,0 ve 5,0 g/L) ve ksantan gam (0,5-1,0-3,0 ve 5,0 g/L) kullanılan stirred tipi yoğurtta stabilizasyon mekanizmaları ve su tutma kapasitesi incelenmiştir. Düşük oranlarda guar gam, keçiyoynuzu gamı ve ksantan gam kullanıldığında yoğurtlarda kazein misellerinin çökme gösterdiği, daha yüksek oranlarda kullanımında ise viskoz bir çözelti içinde kazein misellerinin toplandığı saptanmıştır.

Isanga ve Zhang (2008) tarafından yapılan çalışmada %60 yer fıstığı sütü ve %40 inek sütü karışımı ile üretilen yoğurtların çeşitli özellikleri üzerinde farklı stabilizatör maddelerin etkisi araştırılmıştır. Yüksek metoksilli pektin, aljinat, ksantan gam ve guar gam kullanılan yoğurt örneklerinde jelatin ve κ -karragenan kullanılan yoğurtlara göre serum ayrılmasının daha fazla olduğu ve daha zayıf jel yapısının oluştuğu saptanmıştır.

Asitleştirme işleminin, hidrokolloidlerin ve protein ilavesinin dondurulmuş yoğurdun fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada stabilizatör olarak guar gam, ksantan gam, karboksimetilselüloz ve iki protein takviyesi (yağsız süt tozu ve peynir altı suyu tozu) kullanılmıştır. %0,2 ksantan gam ilavesi ve peynir altı suyu tozu ile yağsız süt tozunun kısmi ikamesinin (3:1 oranında) genel kabul edilebilirliği ve kremsi özelliği arttırdığı saptanmıştır (Soukoulis ve Tzia 2008).

Ksantan gamın köpük krema üretiminde kalınlaştırıcı ajan olarak kullanıldığı çalışmada, % 0,025 ve 0,125 konsantrasyonda ksantan gam kullanımının ortalama parçacık boyutuna olumlu etki ettiği, ksantan gam konsantrasyonunun artışı ile krema yağının kısmi birleşmesinin arttığı gözlenmiştir. Krema yağının tekstürel karakteristiği araştırıldığında ksantan gam miktarı ve krema yağının sertlik, yapışkanlık veya viskozitesi arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Zhao ve ark. 2009).

Soukoulis ve ark. (2010), 0,3 g/100 g ksantan gam ve hidroksiipropilmetilselüloz ilaveli, tam yağlı (4 g/100 g) ve düşük asitli probiyotik dondurma üzerine yaptıkları çalışmada, duyuşal özellikleri incelemişlerdir. Ksantan gam ilavesinin dondurmanın tatlı ve vanilya aromasını geliştirdiğini, ekşi tadı önemli ölçüde engellediğini belirtmişlerdir. Ksantan

gam kullanımının, ürünün sert, sulu ve kırılğan özelliklerini azalttığı, yapışkanlık ve kayganlık özelliklerini arttırdığını saptamışlardır. Ayrıca ksantan gamın örneklerin erime kalitesi ve erime direncini arttırdığını belirlemişlerdir.

Bahramparvar ve Mazaheri Tehrani (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, milkshake benzeri içecek hazırlanmasında süte ksantan gam ilavesinin stabilizatör olarak olumlu katkıları olduğunu saptamışlardır.

Hematyar ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlardaki ksantan gam ve karragenan kullanımının yoğurdun reolojik, mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Gam içeren örneklerin viskozitesinin kontrol örneğine kıyasla yüksek olduğu ve %0,01 oranında ksantan gam içeren yoğurt örneklerinin on günlük depolama süresince en yüksek viskoziteyi gösterdiği saptanmıştır. Yoğurt örneklerinin 4°C ve 25°C'de ölçülen sineresiz değerleri incelendiğinde gam içeren örneklerde depolama süresince daha az sineresiz olduğu, %0,01 oranında ksantan gam içeren örneklerin depolama süresince sineresize karşı yüksek direnç gösterdiği belirlenmiştir. % 0,005 ksantan gam ilave edilen yoğurt diğer örneklere kıyasla duyuşsal olarak en yüksek puanı almıştır.

Az yağlı Çedar peyniri formülasyonunun optimize edilmesinin amaçlandığı çalışmada %0,045 ksantan gam kullanılmıştır. %2,0 yağ içeren az yağlı Çedar peynirinde ksantan gamın dokusal arzu edilebilirliği yüksek oranda sağladığı ve ksantan gamın az yağlı Çedar peynirinde yağ fonksiyonlarını iyi bir şekilde taklit ettiği saptanmıştır. Ayrıca karbonhidrat esaslı bir yağ mimetiği olan ksantan gam ile üretilen düşük ve az yağlı Çedar peynirinin, protein esaslı yağ mimetikleri olan sodyum kazeinata göre yağ fonksiyonlarını daha iyi taklit ettiği belirlenmiştir (Nateghi ve ark. 2012b).

Bahrami ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada %0,05-%0,1-%0,2 ve %0,3 oranlarında kullanılan ksantan gam, beta-glukan ve guar gamın inek sütü kullanılarak yapılan probiyotik yoğurt üzerindeki etkisi incelenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları eklenen gamların hiçbirinin pH, titrasyon asitliği, toplam katı madde içeriği ve probiyotik bakteri sayısı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Yoğurt örneklerinin

sineresiz ve su tutma kapasitelerinin kullanılan stabilizatör türü ve oranından etkilendiği, %0,1 ksantan gam ve %0,3 beta-glukan içeren yoğurtların en yüksek su tutma kapasitesi ve en düşük sineresize sahip olduğu ayrıca duyuşal değerlendirmelerde panelistler tarafından en yüksek puanları aldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, az yağlı yoğurt üretimi için ksantan gam ve beta-glukan kullanımı uygun bulunmuş ve tavsiye edilmiştir.

Düşük yağlı Mozzarella peynirinde polisakkaritlerin (ksantan gam, guar gam, polidekstroz) yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, ksantan gam ilaveli peynirin ticari peynire çok benzediği saptanmıştır (Oberg 2013, Oberg ve ark. 2015).

Caciano ve ark. (2014), inulin ve ksantan gam (% 0,25) kombinasyonlarının yağsız süt ile yapılan tatlıda elastikiyet özelliklerini artırdığını, tatlının viskozitesinin çeşitli depolama koşullarında sıcaklık değişimlerine karşı stabil kaldığını bildirmişlerdir.

Morais ve ark. (2014), farklı konsantrasyonlarda inulin ile fruktooligosakkarit ve ksantan gam ile guar gam kullanarak prebiyotik çikolatalı sütlü tatlı formülasyonunu optimize etmişlerdir. Tatlı için en iyi formülasyonun, %7,5 prebiyotik ve %0,20 (guar ve ksantan, 2:1 oranında) gam içeren örneğin olduğunu saptamışlardır.

Düşük yağlı Mozzarella peynirinde, %0,15-%0,30 ve %0,45 oranında kullanılan guar gam ve ksantan gamın yağ taklidi potansiyelinin araştırıldığı çalışmada, farklı oranda gam kullanımının peynir kompozisyonunu, fonksiyonel, tekstürel, duyuşal özellikleri ve verimliliği etkilediği belirlenmiştir. Düşük yağlı Mozzarella peyniri üretiminde % 0,15 oranında guar gam ve ksantan gam kullanılması, peynirin fonksiyonel özelliği ve verimi açısından tam yağlı peynir ile karşılaştırılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir. Ksantan gam ve guar gamın düşük yağlı Mozzarella peynirinde yağ ikame maddesi olarak kullanılabileceği saptanmıştır (Sattar ve ark. 2015).

Yağsız manda sütü ile üretilen az yağlı Kariesh peynirinin kalitesini arttırmak için % 0,01-0,05 oranlarında ksantan gamın yağ ikame edici olarak kullanıldığı çalışmada, üründe sertlik, esneklik, yapışkanlık ve çiğneme gibi dokusal özelliklerin iyileştiği ve kontrol örneğinde 15 günlük depolama sonucunda ksantan gam konsantrasyonunun artmasıyla sertlik ve yapışkanlığın önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. %0,04 ve % 0,05 ksantan gam kullanılarak hazırlanan Kariesh peyniri 7 günlük depolama süresinden sonra kontrol örneği ile karşılaştırıldığında yüksek kabul edilebilirlik göstermiştir. Kariesh peyniri üretiminde yağ ikame maddesi olarak katılan ksantan gamın ürünün tat ve aromasını zenginleştirdiği ve kalitesini iyileştirdiği saptanmıştır (Murad ve ark. 2016).

Gamların düşük yağlı Çedar peynirinin fonksiyonel, dokusal ve duyusal özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, negatif (%2 yağ) ve pozitif (%4 yağ) kontrol örneklerinin yanı sıra düşük yağlı peynirde (%2 yağ) ksantan gam ve guar gam ayrı ayrı %1,5-%3,0 ve %4,5 oranlarında kullanılmıştır. Sonuçlar, gamların su tutma özelliklerinden dolayı nem seviyesini daha fazla arttırdığını ve gam konsantrasyonu arttıkça sertliğin azaldığını göstermiştir. Gam ilavesinin peynirin duyusal kabul edilebilirliğini geliştirdiği ve düşük yağlı Çedar peynirinin fonksiyonelliğini ve kabul edilebilirliğini artırmak için gamların, özellikle de guar gamın etkin bir şekilde %0,45 oranına kadar kullanılabileceği saptanmıştır (Murtaza ve ark. 2017).

2.7.6. Gamların prebiyotik özelliği üzerine çalışmalar

Gamlar, diyet lifinin sindirilemez kısmı olarak kabul edilmekte ve gamlarda bulunan polisakkaritlerin çoğu mikroorganizmalarla parçalanabilmektedir. Ancak insan bağırsağında uygun enzimler bulunmadığından gamlar insan bağırsağı tarafından sindirilememektedir. Modern terapötik-mikrobiyal flora odaklı stratejiler, tehlikeli ya da patojenik bakteri türlerinin miktarını azaltmak ve konakçı üzerinde olumlu etkiye sahip mikroorganizmaların büyümesini teşvik etmek için çeşitli yöntemler geliştirmektedir. Bu yöntemlerden birisi de organizmadaki biyolojik kontrolü gerçekleştiren, normal florada iyileşme için düzenleyici ve destekleyici özelliklere sahip bağırsak kökenli olan probiyotik mikroorganizmaların kullanılmasıdır. Yararlı bu bakteriler, midedeki asidik ve ince bağırsaktaki alkali ortam nedeniyle kalın bağırsaktaki flora ile rekabet

edememekte ve burada kolonize olamamaktadırlar. Bu olumsuzlukların giderilmesi amacıyla kalın bağırsakta bir ya da sınırlı sayıda yerleşik flora türünün büyümesini ve aktivitesini seçici olarak uyaran prebiyotiklerin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Gamlar yüksek miktarda su tutma yeteneğine sahip olduklarından prebiyotiklerin stabilitesini ve aktivitesini arttırabilmektedirler. Gamların çoğu parçalanmadığı ve sindirilemediği için bakteriyel gelişmeyi destekleyici özellik göstermekte bu nedenle prebiyotik etkiye sahip olabileceği bildirilmektedir (O'Sullivan ve ark. 2010, Patel ve Goyal 2012, Kandil ve ark. 2017).

Vulevic ve ark. (2004) tarafından guar gam, kısmi hidrolize edilmiş guar gam, isomaltooligosakkarit, soyaoligosakkaritleri, fruktooligosakkaritler ve transgalaktoligosakkaritlerin prebiyotik etkilerinin incelendiği çalışmada guar gamın bakterilerin çoğunun gelişmesini desteklediği için kısmi hidrolize olmuş guar gama göre daha yüksek prebiyotik indekse sahip olduğu belirtilmiştir.

Calame ve ark. (2008) tarafından arap gamının prebiyotik etkinliğini saptamak amacıyla sağlıklı insanların dört hafta süresince günde 5, 10, 20, 40 g miktarlarda bu gamı tüketmeleri sağlanmıştır. Tüketimden 4 hafta sonra arap gamı tüketen bireylerin bağırsak mikrobiyotasında *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* sayıları daha yüksek bulunmuş ve optimal dozun da yaklaşık 10 g olduğu saptanmıştır. Araştırmanın sonucunda, arap gamının inülin kadar iyi prebiyotik etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Maltodekstrin ve pektinle zenginleştirilmiş soya sütünde *Lb. acidophilus*, *Lb. casei* ve *B. longum* sayısının 7 log₁₀ kob/mL düzeyinde olduğu saptanmıştır (Yeo ve Liong 2010).

Aureobasidium pullulans tarafından üretilen mikrobiyal kaynaklı hidrokolloid olan pullulan, *Bifidobacterium* türleri tarafından seçici olarak kullanıldığı için insanların intestinal sistemini olumlu yönde etkileyerek prebiyotik etki göstermektedir (Chaen 2010).

Kahverengi alg olan *F. evanescens*'den elde edilen polisakkaritlerin (fukoidan ve aljinik asit) prebiyotik potansiyelinin araştırıldığı bir çalışmada prebiyotik olarak ticari *B. longum* B379M ve *B. bifidum* 791B kültürleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda fukoidan, aljinat veya kombinasyonları ile zenginleştirilmiş bir besi ortamında *Bifidobacterium* türlerinin biyokütle birikimi ve gelişmesinin teşvik edildiği saptanmıştır (Kuznetsova ve ark. 2012).

Zedo gam kullanılarak üretilen prebiyotik yoğurtta prebiyotik bakteri sayısının yararlı etki gösterecek miktarda (10^6 - 10^7 kob/mL) kaldığı saptanmıştır (Ghasempour ve ark. 2012).

Aspergillus niger pektinazları kullanılarak enzimatik olarak üretilen üç farklı tragakant gam fraksiyonlarının *B. longum* subsp. *longum*, *B. longum* subsp. *infantis*, *Lb. acidophilus*, *B. lactis* ve patojenik bir tür olan *Clostridium perfringens*'in gelişmesi üzerine etkisi incelenmiştir. İki tragakant gam fraksiyonunun özellikle *B. longum* subsp. *infantis* türlerinin gelişmesini daha yüksek oranda desteklediği, üçüncü fraksiyonun ise *C. perfringens*'in gelişmesini tamamen inhibe ettiği saptanmıştır. Çalışma sonucunda tragakant gam'ın, viskozite etkisi yaratmayacak ve doğal fonksiyonel gıda maddeleri olarak kullanılabilir potansiyel bir prebiyotik karbonhidrat kaynağı olduğu belirtilmiştir (Gavlighi ve ark. 2013).

Akasya gamı yararlı bakterilerin gelişmesini desteklemesi ve gastrointestinal sistemde kolonize olan mikrobiyota tarafından yavaşıca fermente edilmesinin sonucunda oluşan kısa zincirli yağ asitleri ile prebiyotik etki göstermektedir (Wüstenberg 2014).

Gamların *Lactobacillus* türlerinin gelişmesi üzerine etkisinin besi ortamında ve süt içerisinde incelendiği bir çalışmada; ksantan gam içeren süt örneklerinin en yüksek sayıda *Lb. rhamnosus* GGB101 ($8,81 \pm 0,01$ log kob/mL) ve *Lb. rhamnosus* GGB103 ($8,32 \pm 0,01$ log kob/mL) içerdiği, ksantan ve karregenanın *Lactobacillus* türlerini destekleyen fonksiyonel katkı maddeleri olabileceği saptanmıştır (Karlton-Senaye ve ark. 2015a).

Niamah ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada yoğurt üretiminde gam arabik kullanımının depolama süresince probiyotik bakterilerin canlılığı üzerine etkisi incelenmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda arabik gam *Lb. acidophilus*, *B. bifidum* ve *S. thermophilus* içeren probiyotik kültür ile yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Arabik gam ilavesinin probiyotik bakterilerin canlılığını arttırdığı saptanmıştır.

Guar gam, gam arabik ve tara gamın besi ortamında (Trypton pepton maya ekstrakt) ve rekonstitüe sütte *B. animalis* subsp. *lactis*'in gelişmesi üzerine etkisi Yılmaz-Ersan ve ark. (2016b) tarafından incelenmiştir. Çalışmada 24 saatlik inkübasyonun başlangıcında ve sonunda bu bakterinin mikrobiyal gelişmesi ve asitlik aktivitesi incelenmiştir. Bu bakterinin fermantasyon süresince gamları, pozitif kontrol olarak kullanılan glikoz ve inulin kadar iyi bir şekilde fermente edebildiği belirlenmiştir.

İran'a ait yoğurt içeceğinde (bio-doogh) yabancı kekik özü ve ksantan gamın *Bifidobacterium lactis* canlılığı üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, %0,075 ve %0,15 oranlarında ksantan gam kullanılmış ve örnekler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde analiz edilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda % 0,075 oranında ksantan gam kullanımının *B. lactis* sayısını 1,2 log artırdığı, ancak gam artışının *B. lactis* üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). Ksantan gam oranı arttıkça stabilite, viskozite ve tekstür değerinin önemli miktarda arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolama süresince tüm örneklerde asitlik artmış ve en yüksek asitliğin ksantan gam içeren örneklere ait olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, stabil bir doogh üretmek için en az %0,15 oranında ksantan gam kullanımı gerektiği ancak bu oranın %0,075'ten daha fazla artırılmasının *B. lactis* 'in canlılığı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Ziaolhagh ve Jalali 2017).

Glikoz yerine karragenan, keçiyoynuzu gamı ve ksantan gam içeren besi ortamında *B. longum* subsp. *longum*'un gelişmesinin incelendiği bir çalışmada, 48 saatlik inkübasyon süresince kullanılan gamların bu bakterinin gelişmesi ve asitlik oluşturma aktivitesi üzerine olumlu etkide bulunduğu saptanmıştır (Yılmaz-Ersan ve ark. 2018).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. *In – vitro* Çalışmaya Ait Materyal-Yöntem

Çalışmada kullanılan probiyotik özellik gösteren *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (DSM10140) ve *Lactobacillus casei* (DSM20011) DSMZ (Leibniz Institute DSMZ-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures-Almanya) firmasının kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.

Bazal gelişme ortamının hazırlanması

Her iki bakterinin birinci aktivasyonları için DSMZ firmasının önerdiği litrede 10,00 g Kazein Pepton; 5,00 g Et ekstraktı; 5,00 g Maya ekstraktı; 5,00 g Bacto soytone; 10,00 g Glikoz; 2,00 g K_2HPO_4 ; 0,20 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,05 g $MnSO_4 \cdot H_2O$; 1,00 mL Tween 80; 5,00 g NaCl; 0,50 mL L-cysteine HCl; 40,00 mL tuz solüsyonu ve 4,00 mL resazurin içeren bazal gelişme ortamı kullanılmıştır. Bakteriler bu besiyerinde 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. 24 saat sonunda inkübasyona bırakılan kültürler ikinci kez aktivasyonun sağlanması amacı ile *B. lactis* için asıl gelişme ortamı olan Tripton Pepton Maya Ekstraktı (TPY) sıvı besiyerine *Lb. casei* için ise De Man, Rogosa ve Sharpe (MRS) sıvı besiyerine ilave edilerek 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılarak ikinci kez aktive edilmeleri sağlanmıştır.

Tripton pepton maya ekstraktı sıvı besiyerinin hazırlanması

Tripton 10,00 g; Pepton 5,00 g; Maya ekstraktı 2,50 g; Glikoz 5,00 g; Tween 80 1,00 mL; $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ 2,00 g; $MgCl_2$ 0,50 g; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,20 g; $CaCl_2$ 0,15 g; $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0,003 g; L-cysteine HCl 0,50 g tartılarak hacmi 1000 mL’ye tamamlanan besiyeri bileşimindeki maddeler tamamen çözündürüldükten sonra otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilize edilerek kullanılmıştır.

De Man Rogosa ve Sharpe (MRS) sıvı besiyerinin hazırlanması

Maya ekstraktı 5,00 g; Kazein Pepton 10,00 g; Et ekstraktı 10,00 g; Tween 80 1,00 mL; K₂HPO₄.3H₂O 2,00 g; Glikoz 20,00 g; Na-asetat 5,00 g; Amonyum sitrat 2,00 g; MgSO₄.7H₂O 0,20 g; MnSO₄.4H₂O 0,05 g tartılarak 1000 mL saf su içerisinde tamamen çözüldürüldükten sonra otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilize edilerek kullanılmıştır.

Ksantan gam ilaveli besi ortamının hazırlanması

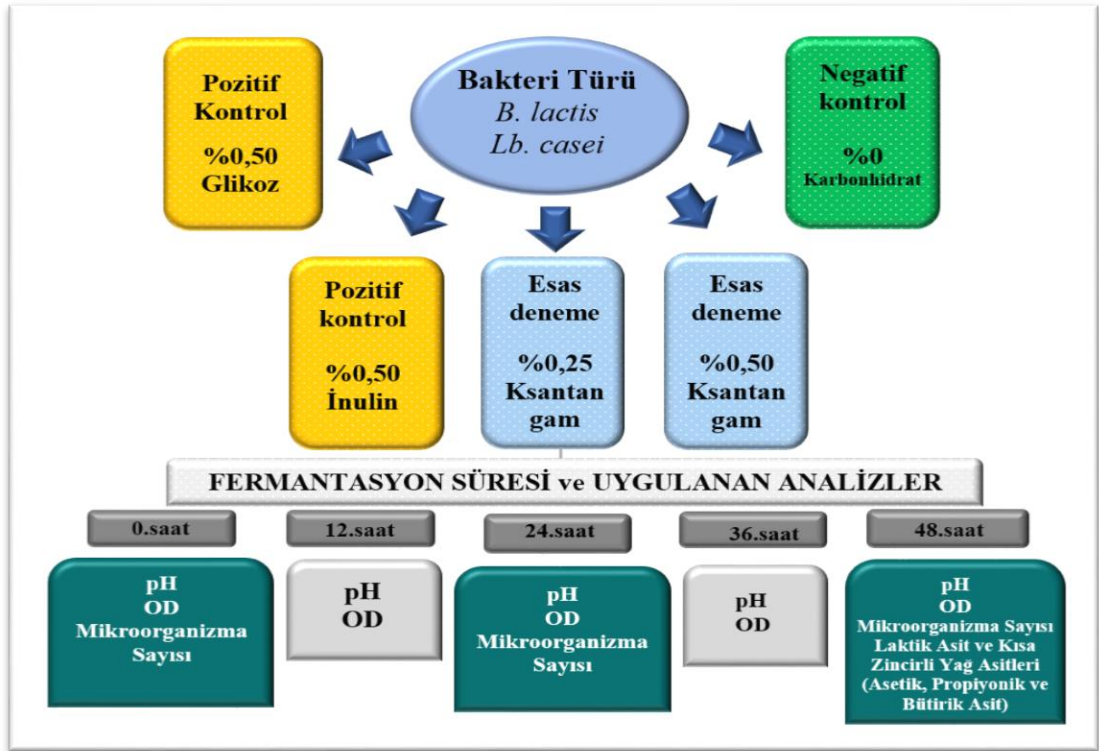
Çalışmada As Gıda (İstanbul, Türkiye) firmasından temin edilen Ziboxan® F200 ticari isimli, mısır nişastası ve fasulye proteininin *Xanthomonas campestris* ile fermantasyonu sonucu üretilen toz halinde ksantan gam materyal olarak kullanılmıştır. Ksantan gamın bileşimi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ksantan gamın özellikleri

PARAMETRE	ÖZELLİKLERİ
Görünüş	Krem renkli ince toz
Partikül boyutu	80 mesh ile % 100
Viskozite	1200-1600 cps
pH	6,0-8,0
Kül	max. % 13
Kuru Madde	max. % 85
Azot	max. % 1,5
Etanol ve İzopropanol	max. 500 ppm
Pirüvik asit	min. % 1,5
Ağır metal	max. 20 ppm
Arsenik	max. 3 ppm
Kurşun	max. 2 ppm
Toplam canlı sayısı	<2000 kob/g
Küf ve maya	<100 kob/g

Kullanılan probiyotik bakterilerin ksantan gamı fermente edebilme yeteneklerini belirlemek için *B. lactis* için karbonhidrat içermeyen TPY sıvı besiyeri ve *Lb. casei* için ise karbonhidrat içermeyen MRS sıvı besi yeri bazal gelişme ortamı olarak kullanılmıştır.

Çalışmada Karlton-Senaye ve Ibrahim (2013)'in önerdiği yöntem modifiye edilerek ksantan gam karbonhidrat kaynağı olarak son konsantrasyonu %0,25 ve %0,50 olacak şekilde iki farklı oranda temel besi ortamına ilave edilmiştir. Otoklavda 110°C'de 10 dakika sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. %0,50 oranında glikoz (Merck, Almanya) ve prebiyotik etkisi kanıtlanmış ticari inulin (Çizelge 3.2. Orafti® HSI, Belçika) içeren besiyerleri pozitif kontrol olarak, karbonhidrat içermeyen temel gelişme ortamı ise negatif kontrol olarak seçilmiştir. Aktive edilen kültürlerden besi ortamına %2 oranında ilave edilerek 37°C'de 48 saat anaerobik şartlar altında fermantasyona bırakılmıştır. Anaerobik inkübasyon şartlarını sağlamak için, anaerobik plastik kavanozlar (Merck, Germany) ve oksijeni uzaklaştırmak amacıyla da Aneorocult (Oxoid, England) adı verilen sistem kullanılmıştır. Çalışmada uygulanan deneme deseni Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. *B. lactis* ve *Lb. casei* tarafından ksantan gamın fermantasyonuna ait deneme deseni

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan inulinin özellikleri

PARAMETRE	ÖZELLİK
Görünüş	Beyaz-hafif sarı toz
Tat	Hafif tatlı tatsız
Suda Çözünürlük (25°C)	>200 g/L
Yoğunluk	650±50 g/L
İnulin	≥86 g/100 g
Glikoz+Fruktoz+Sakkaroz	≤14 g/100 g
Toplam kurumadde	97±2 g/100 g
Karbonhidrat	>99 g/100 g
Protein	İhmal edilebilir
Yağ	İhmal edilebilir
Vitamin ve mineral maddeler	İhmal edilebilir
Kalori değeri	215 kcal/871 KJ
İletkenlik (w=15 g/100 g)	<250 µs/cm
pH (w=10 g/100 g)	5,0-7,0
Kurşun (ppm)	<0,02
Arsenik (ppm)	<0,03
Kadmiyum (ppm)	<0,01
Civa (ppm)	<0,01
Toplam aerobik, mezofilik mikroorganizma sayısı (kob/g)	<1000
Maya(kob/ g)	<20
Küf (kob/ g)	<20
Anaerobik termofilik H ₂ S üreten sporlar (kob/ g)	<25
Enterobacteriaceae (EMS/ g)	Negatif
<i>Bacillus cereus</i> (kob/g)	100 kob/g
Koagülaz Pozitif Stafilokoklar (EMS/ 0.1 g)	Negatif
Toplam Koliform	Negatif
<i>E. coli</i> (EMS/g)	Negatif
<i>Clostridia</i> spp. (EMS/g)	Negatif
<i>Salmonella</i> spp. (EMS/ 250 g)	Negatif
<i>Listeria</i> spp. (EMS/ 25 g)	Negatif

Fermantasyon süresince uygulanan analizler

pH analizi: Fermantasyonun 0., 12., 24., 36. ve 48. saatlerinde asitlik gelişimini belirlemek amacı ile pH (pH 315i / SET ; WTW, Germany) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Optik yoğunluk (OD): *B. lactis* ve *Lb. casei*'nin hücre yoğunluğu fermantasyonun 0., 12., 24., 36. ve 48. saatlerinde 600 nm'de spektrofotometrik (Shimatzu UV 1800; Kyoto, Japonya) olarak ölçülmüştür.

Mikroorganizma (*B. lactis* ve *Lb. casei*) sayısının belirlenmesi: Fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerinde *B. lactis* ve *Lb. casei* sayısının belirlenmesi amacı ile MRS-Agar (Merck, Germany) kullanılmıştır. *B. lactis* ve *Lb. casei*'ye ait negatif kontrol, pozitif kontroller ve ksantan gam içeren örneklerden 1/100 000, 1/1 000 000 ve 1/10 000 000 oranında hazırlanan dilüsyonlar steril petri kaplarına birer mL olarak aktarılmıştır. MRS-Agar'dan petri kaplarına 15-20 mL katılarak rotasyon hareketi ile besiyeri ve örnek karıştırılmıştır. Besiyeri katılaştıktan sonra petri kutuları ters çevrilmiş, 37°C'de 72 saat anaerobik inkübasyona tabi tutulmuştur. Anaerobik inkübasyonu sağlamak için anaerojenik plastik kavanozlar (Merck, Germany) ve oksijeni uzaklaştırmak amacıyla da AnaeroGen (Oxoid, England) adı verilen sistem kullanılmıştır. İnkübasyondan sonra oluşan koloniler (30-300) sayılarak mililitrede *B. lactis* ve *Lb. casei* sayısı adet olarak saptanmıştır. İstatistiksel değerlendirmede sonuçlar logaritmik (log₁₀) olarak verilmiştir.

Gelişme oranı: Fermantasyon süresince her iki bakteriye ait gelişme oranı Azmi ve ark. (2012) tarafından önerilen aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Gelişme oranı} = \frac{\text{Son fermantasyon süresindeki mikroorganizma sayısı} - \text{Bir önceki fermantasyon süresindeki mikroorganizma sayısı}}{\text{Bir önceki fermantasyon süresindeki mikroorganizma sayısı}}$$

Prebiyotik aktivite sayısı: Prebiyotik aktivite sayısının belirlenmesi amacı ile bir gecelik kültürler %1 (v/v) oranında, son konsantrasyonda %0,50 oranlarında glikoz, inulin ve ksantan gam içeren *B. lactis* için TPY ve *Lb. casei* için ise MRS broth'a ilave edilmiştir. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kültür Koleksiyonundan temin edilen *Enterococcus* türü mikroorganizma için %0,50 oranlarında glikoz, inulin ve ksantan gam içeren Triptic Soy Broth (TSB: Tryptone 17,00 g/L; Bacto soytone 3,00 g/L; Glikoz 2,50 g/L; K₂HPO₄ 2,50 g/L; NaCl 5,00 g/L) sıvı besiyeri kullanılmıştır. Kültürler 37°C'de anaerobik koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 0. ve 24. saatlerinde örneklerin hücre yoğunlukları UV-spektrofotometre kullanılarak 600 nm'de ölçülmüş ve prebiyotik aktivite sayısı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Olano-Martin ve ark. 2002, Huebner ve ark. 2007).

$$\left[\frac{[(\text{Prebiyotik hücre yoğunluğu}_{24.\text{saat Prebiyotik}} \text{ OD } 600) - (\text{Prebiyotik hücre yoğunluğu}_{0.\text{saat Prebiyotik}} \text{ OD } 600)]}{(\text{Prebiyotik hücre yoğunluğu}_{24.\text{saat Glikoz}} \text{ OD } 600) - (\text{Prebiyotik hücre yoğunluğu}_{0.\text{saat Glikoz}} \text{ OD } 600)} \right] - \left[\frac{[(\text{Enterik hücre yoğunluğu}_{24.\text{saat Prebiyotik}} \text{ OD } 600) - (\text{Enterik hücre yoğunluğu}_{0.\text{saat Prebiyotik}} \text{ OD } 600)]}{(\text{Enterik hücre yoğunluğu}_{24.\text{saat Glikoz}} \text{ OD } 600) - (\text{Enterik hücre yoğunluğu}_{0.\text{saat Glikoz}} \text{ OD } 600)} \right]$$

Laktik asit ve kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) analizi: 48 saatlik fermantasyon sonunda her bir bakteri tarafından üretilen metabolitlerden laktik, asetik, propiyonik ve bütirik asit analizleri yapılmıştır. Bu amaçla laktik asit analizi için DAD (SPD-M20A) dedektörlü Shimadzu Prominence marka 20ACBM model Yüksek Performans Likit Kromatografi-HPLC (Tokyo, Japonya) cihazı, Inertsil ODS-4 (250 mm* 4,6 mm, 5µm; GP Sciences, Japonya) kolonu, LC20 AT model pompa kullanılmıştır. pH'sı ortofosforik asitle 3'e ayarlanmış ultrasaf su mobil faz olarak ayarlanmıştır. Kısa zincirli yağ asitleri (asetik, propiyonik ve bütirik asit) miktarı ise Agilent 7697A Headspace ve Agilent 7890A GC 5975C MS cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz için dedektör ve enjektör sıcaklığı 200°C ve 180°C, akış hızı 25 psi (He), termostat zamanı 5 dk, basınç zamanı 0.5 dk, enjeksiyon zamanı 0,08 dk ve çizim zamanı 0,5 dk olacak şekilde ayarlanmıştır. KZYA analizi için 4g/4mL numune alınarak headspace sistemine enjekte edilmiştir. 35°C'de 5 dakika bekledikten sonra dakikada 50°C'lik artışla 150°C'ye ulaşılmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmiştir (Yılmaz ve ark. 2006).

3.2. Ksantan Gam ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Üretimine Ait Materyal-Yöntem

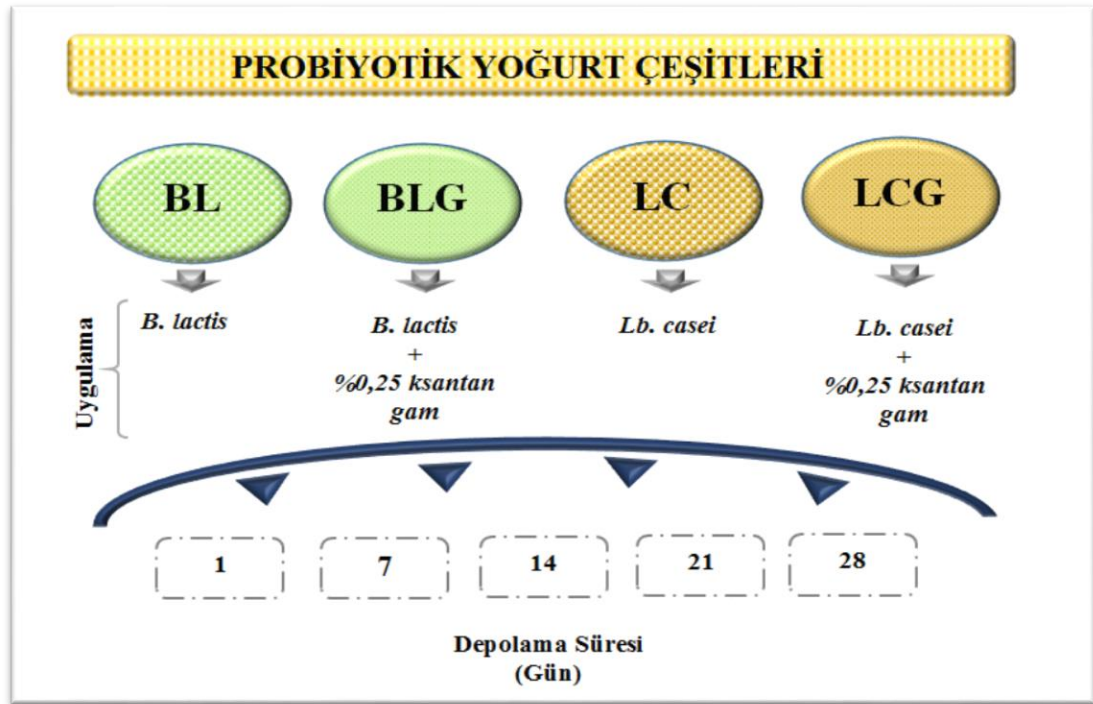
Yağsız süttozu: Probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan rekonstitüe süt için gerekli olan yağsız süttozu (%5,00 nem, %0-0,50 yağ, %23,50 protein, %95 toplam kurumadde) Tat Gıda Sanayi A.Ş. SEK Süt İşletmesi'nden (Mustafakemalpaşa, Bursa) temin edilmiştir.

Ksantan gam: Yapılan çalışmada As Gıda (İstanbul, Türkiye) firmasından temin edilen özellikleri Çizelge 3.1'de belirtilen ksantan gam kullanılmıştır.

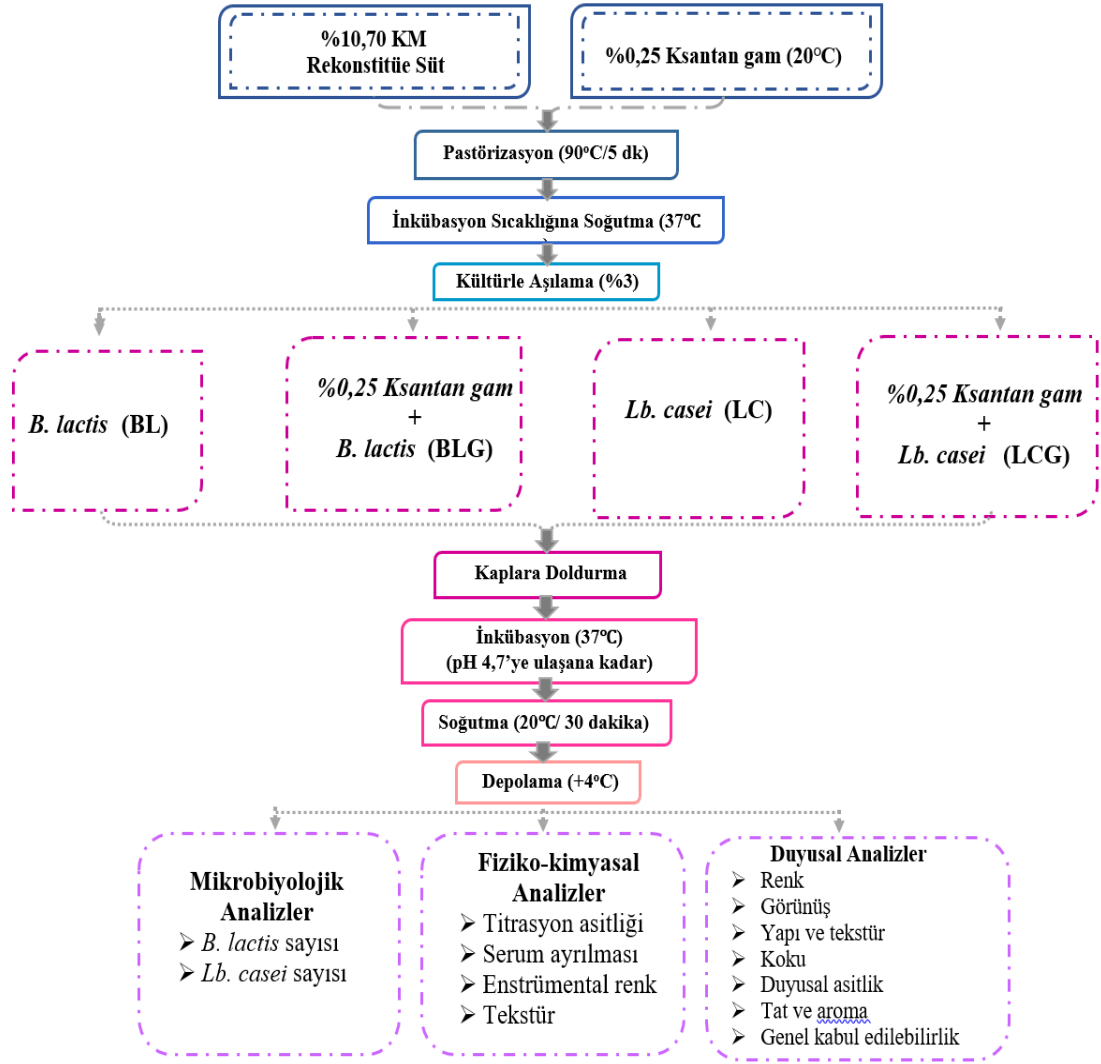
Yoğurt üretiminde kullanılan kültürler ve aktive edilmesi: Probiyotik yoğurt üretiminde DVS olarak kullanılan *Bifidobacterium lactis* kültürü DANISCO (Sassenage, France), *Lactobacillus casei* Chr-Hansen (İstanbul) firmasından temin edilmiştir. Liyofilize kültürlerden işletme kültürü eldesinde, 120 g yağsız süttozu 1 L saf su içerisinde çözündürüldükten sonra süttozunun iyice çözünmesi için 3 saat oda sıcaklığında karışması sağlanmıştır. Hazırlanan substrat özel kapaklı şişelere aktarılmış ve 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiştir. 37°C'ye soğutulan substratların içine aseptik koşullarda starter kültür aşılanmış ve bu sıcaklıkta pH 4,8'e ulaşana kadar bekletilmiştir. Hazırlanan kültürler 4°C'ye soğutulmuş ve kullanıma kadar bu sıcaklıkta muhafaza edilmiştir (Özcan ve ark. 2015).

Probiyotik yoğurt üretimi: Probiyotik yoğurt üretimi Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde, ksantan gamın yoğurt üretiminde hangi aşamada ilave edileceği ve kullanılacak oranı belirlemek amacı ile üretimler gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde ksantan gamın tam olarak çözünebilmesi amacı ile farklı sıcaklıklarda rekonstitüe süt ile karıştırılmıştır. Rekonstitüe süt ile karıştırıldığı en uygun sıcaklık tespit edilmiştir. Ayrıca %0,25 ve %0,50 oranlarında gam konsantrasyonu denenmiş, uygulanan fiziko-kimyasal ve duyu analizler sonucunda %0,25 oranında ksantan gam kullanılmasına karar verilmiştir.

Esas deneme yoğurtlarının üretiminde, kurumadde oranı %10,70 olarak ayarlanan rekonstitüe sütler, kontrol ve %0,25 oranında ksantan gam içerecek şekilde iki parti olarak hazırlanmıştır. Ksantan gam $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de rekonstitüe süt içerisinde çözündürülmüştür. Çözündürme işleminden sonra rekonstitüe süte eklenmiş ve bu süt sonra, 90°C 'de 5 dakika ısı işlem uygulandıktan sonra inkübasyon sıcaklığına soğutulmuştur. Aseptik koşullar altında gam içermeyen BL grubu ve gam içeren BLG grubu örnekler *B. lactis*, gam içermeyen LC grubu ve gam içeren LCG grubuna ise *Lb. casei* kültürü %3 oranında inokule edilip 37°C 'de istenen asitlik oluşuncaya kadar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonu tamamlanan örnekler oda sıcaklığında ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$) 30 dakika süre ile bekletildikten sonra buzdolabı koşullarında ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) 28 gün süre ile depolanmıştır. $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki buzdolabında depolanan örneklerin mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal (titrasyon asitliği, serum ayrılması ve renk değerleri) ve duyu analizleri depolamanın 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde yapılmıştır. Ayrıca depolamanın 1. ve 28. günlerinde örnekler tekstürel analizler uygulanmıştır. Probiyotik yoğurt üretimine ait deneme deseni Şekil 3.2'de, üretim aşamaları Şekil 3.3'te ve örneklerin fotoğrafları Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.2. Probiyotik yoğurt örneklerine ait deneme deseni



Şekil 3.3. Probiyotik yoğurt üretimi



Şekil 3.4. Probiyotik yoğurtların görünümü

Probiyotik yoğurtlara uygulanan analizler

Mikrobiyolojik analizler

Örneklerin analize hazırlanması: 8,5 g NaCl 1 L saf su içerisinde çözündürülerek hazırlanan fizyolojik tuzlu su çözeltisi, 90 mL özel kapaklı cam şişelere ve 9 mL tüplere aktarıldıktan sonra şişe ve tüplerin ağızları hermetik olarak kapatılmıştır. Şişe ve tüplere aktarılan fizyolojik tuzlu su çözeltileri 121°C’de 1,2 atm basınç altında 15 dakika sterilize edilmiştir. 10 g probiyotik yoğurt örneği tartılıp homojen hale getirildikten sonra 90 mL fizyolojik tuzlu su çözeltisine steril koşullar altında aktarılmıştır. Hazırlanan örnekten 1’er mL içerisinde 9 mL’lik fizyolojik tuzlu su çözeltisi bulunan tüplere aktararak 10^{-10} a kadar dilüsyonları yapılmıştır. Mikrobiyolojik ekimler dökme plak yöntemi ile 2 paralelli olarak uygulanmıştır.

Probiyotik bakteri sayısı: Yapılan çalışmada probiyotik yoğurtlarda depolama ($4^{\circ}\text{C}\pm 1$) süresince (1., 7., 14., 21 ve 28. günler) *B. lactis* ve *Lb. casei* sayımı yapılmıştır. Çalışmada kullanılan probiyotik bakterilerin sayımı için MRS Agar kullanılmıştır. Hazırlanışı için önerilen miktarda tartılıp saf suda çözündürülen MRS Agar besiyeri, otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilize edilip 40-45°C’ye soğutulmuştur. Mikrobiyolojik ekim öncesinde hazırlanarak homojen hale getirilmiş dilüsyonlar 1’er mL olacak şekilde steril petri kaplarına aktarılmıştır. Petrilerde bulunan dilüsyonun üzerine yaklaşık 15-20 mL steril MRS Agar besiyeri dökülmüştür. Petriler 2,5 L’lik plastik kavanozlar içerisinde (Anaerobentopf) (Merck, Germany) yerleştirilmiş ve oksijeni uzaklaştıran AnaeroGen (Oxoid, England) sistem kullanılarak mikroorganizmalar için anaerobik ortam sağlanmıştır. Petriler 37°C’de inkübasyona bırakılmış, 72 saatlik inkübasyonun sonunda oluşan kolonilerin sayımı (30-300) gerçekleştirilmiştir. Probiyotik bakteri sayımı sonuçları logaritmik olarak hesaplandıktan sonra istatistiksel analizi yapılmıştır (Tharmaraj ve Shah 2003).

Depolama süresince kullanılan mikroorganizmaların % canlılığı: Probiyotik yoğurt örnekleri üretiminde kullanılan her bir mikroorganizmanın depolama süresince % canlılığını saptamak için Bruno ve ark. (2002) tarafından önerilen formül uygulanmıştır.

$$\% \text{ Canlılık} = \frac{28 \text{ gün depolama sonucu saptanan Log10 kob/g}}{1. \text{ gün saptanan Log10 kob/g}} \times 100$$

Fiziko-kimyasal analizler

pH: Depolama süresinin 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde pH 315i / SET (WTW, Germany) marka pH metre kullanılarak probiyotik yoğurtların pH değerleri ölçülmüştür. pH değerleri ölçülmeden önce cihaz 20°C’de pH 4, 7 ve 10 için hazırlanan standart tampon çözeltiler ile kalibre edilmiştir. Kalibrasyon tamamlanınca cihaz elektrodu örnek içerisine daldırılarak ölçüm yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir.

Titrasyon asitliği: 10 g yoğurt örneği tartılıp üzerine 10 mL saf su ilave edilerek homojen hale getirilmiştir. Üzerine 2-3 damla fenolftalein indikatörü (%1-2’lik) damlatılıp 0.1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk oluşuncaya kadar titrasyon işlemine devam edilmiştir. İstenen renk gözleendiğinde laktik asit cinsinden (%) asitlik miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (AOAC 2000).

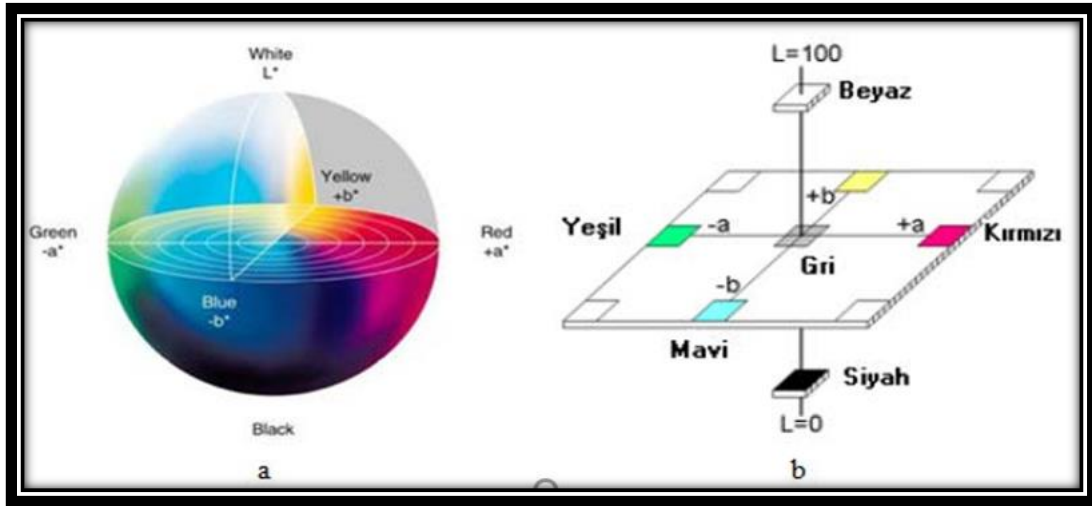
$$\% \text{ Titrasyon Asitliği (\%)} = \frac{S \times 0.009}{\ddot{O}} \times 100$$

S= Titrasyonda kullanılan 0.1 N NaOH çözeltisi (mL)

Ö= Titrasyonda kullanılan probiyotik yoğurt miktarı

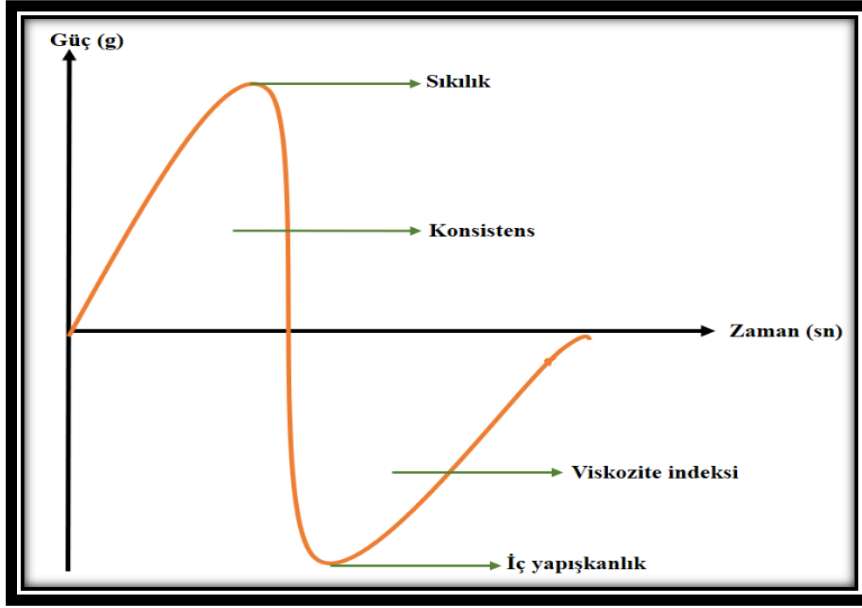
Serum ayrılması: Bir huninin üzerine yerleştirilen filtre kağıdına 25 g yoğurt örneği tartıldıktan sonra +4 °C’de 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra filtre kağıdından erlene süzülen serumun mL cinsinden miktarı belirlenmiş ve sonuç mL/25g olarak kaydedilmiştir (Yılmaz 2006).

Renk analizi: Çalışmada üretilen yoğurt örneklerinde renk tayini Konica Minolta Chroma Meter CR- 400 (Japonya) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Renk cihazında bulunan beyaz ve siyah renkteki tablalar ile cihazın renk değerleri kalibre edildikten sonra probiyotik yoğurtların L^* (parlaklık), a^* (+ kırmızı, - yeşil) ve b^* (+ sarı, - mavi) değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. L^* , a^* , b^* renk değerlerinin üç boyutlu gösterimi ile X-Y düzlemlerindeki şematik görünümü (Say 2008)

Tekstür analizi: Probiyotik yoğurt örneklerinin tekstürel özelliklerini belirlemek amacı ile Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan TA.XTplus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., U.K) cihazı kullanılmıştır. Uygulanan back ekstrüzyon testi 1 mm.s^{-1} crosshead hızındaki baskılama işlemi, 40 mm çapında 45 mm derinliğindeki silindir back ekstrüzyon probun yoğurtlara daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Back ekstrüzyon tekniğine göre elde edilen güç-zaman grafiklerinden (prob örneğe girdiğinde pozitif; örnekten çıktığında negatif alan) örneklerin tekstürel özelliklerinin hesaplanması Texture Exponent 32(2007) software (Stable Micro Systems Ltd., U.K) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tekstürel parametreler olarak sıklık (firmness; g), konsistens (gs), iç yapışkanlık (cohesiveness; g) ve viskozite indeksi (viscosity index; gs) belirlenmiştir (Patrignani ve ark. 2007; Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Back ekstrüzyon tekniğine göre güç-zaman grafiklerinden elde edilen tekstür parametreleri

Duyusal analizler

Probiyotik yoğurt örneklerinin duysal değerlendirmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 6 kişilik eğitimli panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Örneklerin duysal değerlendirilmesi öncesinde panelistlere ön bilgi verilmiş ve örnekler “Renk”, “Görünüş”, “Yapı ve Tekstür”, “Koku”, “Duyusal asitlik”, “Tat ve aroma” ve “Genel Kabul Edilebilirlik” özellikleri bakımından incelenmiştir. Panelistler duysal özellikleri 5 puanlık skala üzerinden değerlendirmişlerdir. Skalaya göre; 1: Çok kötü (beğenmedim); 2: Kötü (Çok az beğendim); 3: Orta (Ne beğendim ne de beğenmedim); 4: İyi (Beğendim); 5: Çok iyi (Beğendim) olarak değerlendirilmektedir (Rezaei ve ark. 2011).

İstatistiksel analizler

In vitro laboratuvar sonuçları Minitab İstatistik Programı kullanılarak tek yönlü ANOVA (substratlar arası ve fermantasyon süreleri ayrı olarak) ve üç yönlü ANOVA (substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bu varyasyon kaynakları arasındaki interaksiyon) deneme desenine göre istatistiki olarak analiz edilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinde ise iki yönlü ANOVA (yoğurt çeşitleri ile depolama süreleri ve bunlar arasındaki interaksiyon) deneme desenine göre istatistiki olarak analiz edilmiştir. İstatistiki olarak önemli görülen farklılıklar “Fischer Çoklu Karşılaştırma Testi” kullanılarak $p < 0.01$ düzeyinde karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. *İn-vitro* Çalışma Sonuçları

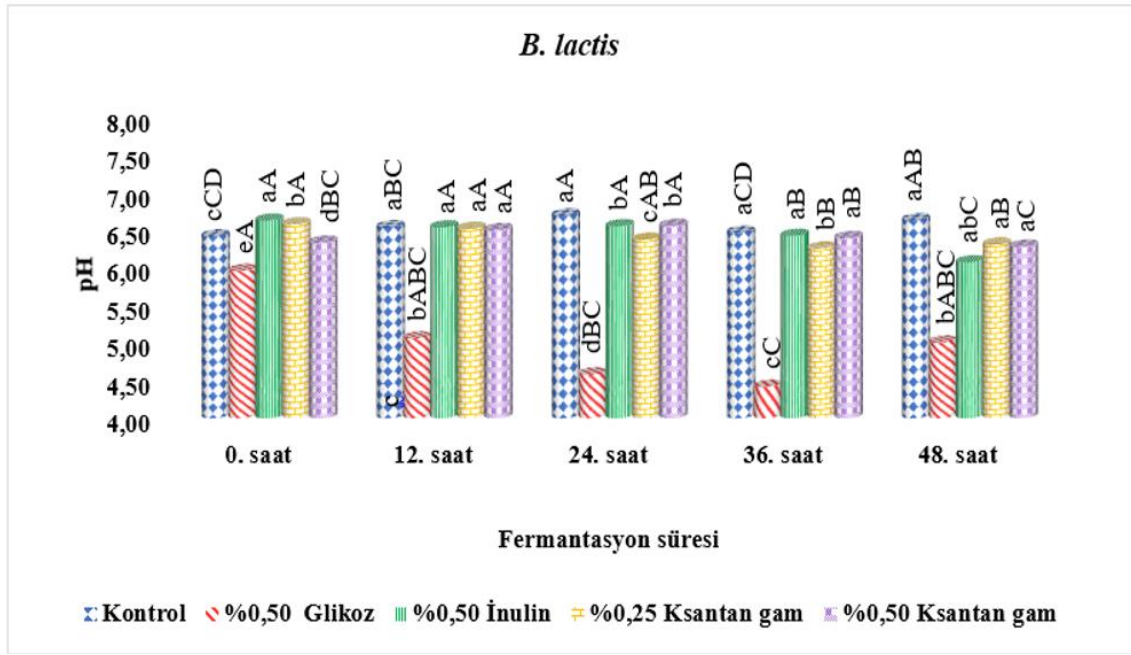
4.1.1. pH değeri

Prebiyotikler gibi fermentasyon substratları *in vitro* ve *in vivo* deneme ortamlarında kimyasal yapılarına ve oranına bağlı olarak ortamdaki asitliğin azalmasına neden olmaktadır. Düşük pH değeri, patojen bakterilerin gelişmesini engellerken yararlı mikrobiyotanın (*Bifidobacteria* ve *Lactobacilli* gibi) da gelişmesini stimüle etmektedir. Bu nedenle, pH *in vitro* ve *in vivo* modellerde prebiyotiklerin etkinliğini değerlendirmek için kritik bir değerdir (Çelikyurt ve Arıcı 2008, Coşkun 2011, Usta ve Yılmaz-Ersan 2017).

48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait pH değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Fermentasyon süresince en yüksek pH değeri (6,70) karbonhidrat içermeyen besi ortamında, en düşük pH değeri (4,42) ise glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermentasyon süresince ortalama pH değerleri 5,99 ile 6,39 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.1. 48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait pH değerleri

Substrat	Fermentasyon Süresi					En Yüksek	En Düşük	Ortalama
	0. saat	12. saat	24. saat	36. saat	48. saat			
Kontrol	6,42	6,54	6,70	6,47	6,63	6,70	6,42	6,55
%0,50 Glikoz	5,96	5,06	4,58	4,42	5,01	5,96	4,42	5,01
%0,50 İnulin	6,63	6,54	6,55	6,43	6,07	6,63	6,07	6,44
%0,25 Ksantan gam	6,58	6,52	6,38	6,26	6,31	6,58	6,26	6,41
%0,50 Ksantan gam	6,34	6,50	6,56	6,40	6,28	6,56	6,28	6,42
En Yüksek	6,63	6,54	6,70	6,47	6,63			
En Düşük	5,96	5,06	4,58	4,42	5,01			
Ortalama	6,39	6,23	6,15	5,99	6,06			



^a; Küçük harfler bir fermentasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın her fermentasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.1. 48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri

48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Fermentasyonun 12. saatinde inulin, %0,25 ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarının istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir. Fermentasyonun 24. saatinde negatif kontrolün ve 36. saatinde negatif kontrol, inulin ve ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarının pH değerlerinin diğer besi ortamlarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. %0,25 ksantan gam içeren örneklerin pH değerinin 12. saatten sonra azalmaya başladığı, 36. ve 48. saatlerde pH değerlerinin istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir. %0,50 ksantan gam içeren örneklerin pH değerlerinin 24. saatten itibaren azaldığı belirlenmiş ve en düşük pH değeri 48. saatte saptanmıştır. Örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların 24. saatte daha fazla olduğu saptanmış olup, en düşük pH değeri glikoz daha sonra %0,25 ksantan gam içeren örneklerde belirlenmiştir. İnulin ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarının fermentasyonun 24. saatinde istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Polari ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada probiyotik bakteriler için karbon kaynağı olarak ladinden ekstrakte edilen GOS kullanılmış ve *Bifidobacterium* türlerinin hemiselüloz bazlı sakkaritleri fermente edebilme yetenekleri araştırılmıştır. Çalışmada probiyotik bakterilerin canlılığı ve sakkaritik fermentasyonun asitliğe etkisinin de incelenmesi sonucunda *B. lactis* Bb12 için başlangıçta pH değeri 6,5 iken 3 günlük fermentasyon sonunda çeşitli besi ortamlarında 4,2 ile 5,4 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonucu *B. lactis*'in farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki pH değerleri ile Polari ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışma karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği saptanmıştır.

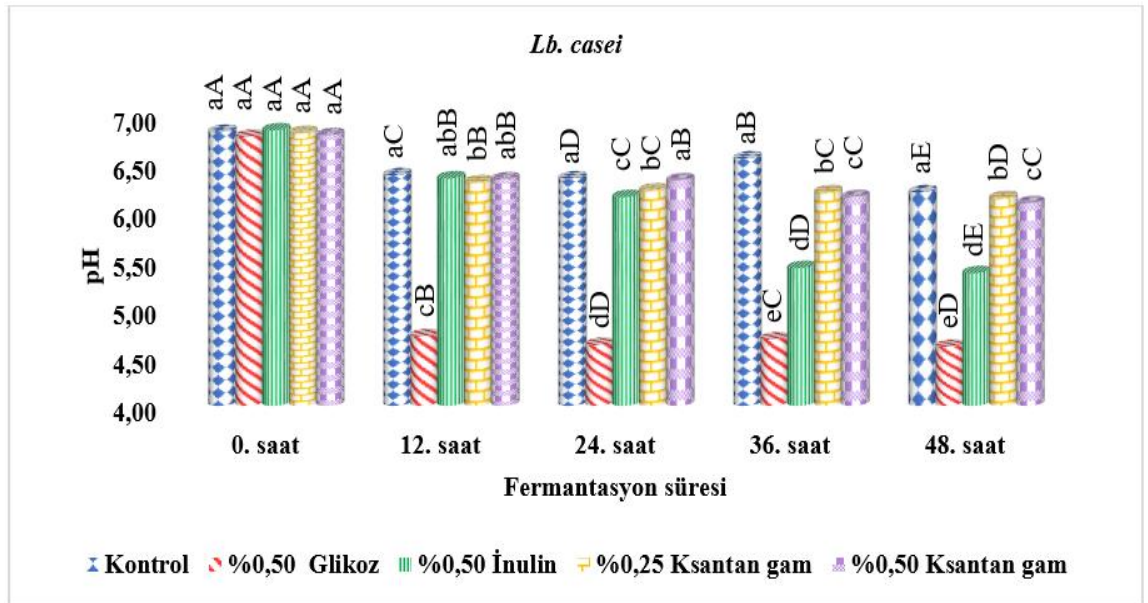
Mumcu ve Temiz (2014) tarafından yapılan araştırmada *B. lactis*'in %0,50 inulin içeren besi ortamında inkübasyon sonrası pH değeri 4,80 ile 5,20 arasında bulunurken pozitif kontrol (%2 glikoz) için 3,9 ile 4,3 arasında saptanmıştır. Çalışma sonucu *B. lactis* türünün %0,50 inulin içeren besi ortamında pH değeri 6,45 ve %0,50 glikoz içeren besi ortamındaki pH değeri 5,01 olarak belirlendiğinden bu değerlerin Mumcu ve Temiz (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen pH değerlerinin yüksek bulunmasının pozitif kontrol için daha düşük konsantrasyonda glikoz kullanılması, fermentasyon sürelerinin ve kullanılan suşların farklı olmasından dolayı inulin ve glikozu fermente etme yeteneklerinin de değişiklik göstermesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Yılmaz-Ersan ve ark. (2016b), *B. lactis*'in tara gam, guar gam ve gam arabik içeren besi ortamlarındaki gelişmesini inceledikleri çalışmada, gam içeren ortamlardaki pH değerlerinin glikoz ve inulin içeren besi ortamına göre daha yavaş azaldığını saptamışlardır.

48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait pH değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Fermentasyon süresince en yüksek pH değeri (6,85) inulin içeren besi ortamında, en düşük pH değeri (4,61) ise glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermentasyon süresince ortalama pH değerleri 5,69 ile 6,81 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.2. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait pH değerleri

Substrat	Fermantasyon Süresi					En Yüksek	En Düşük	Ortalama
	0. saat	12. saat	24. saat	36. saat	48. saat			
Kontrol	6,83	6,38	6,35	6,56	6,21	6,83	6,21	6,47
%0,50 Glikoz	6,78	4,72	4,63	4,69	4,61	6,78	4,61	5,09
%0,50 İnulin	6,85	6,35	6,16	5,42	5,37	6,85	5,37	6,03
%0,25 Ksantan gam	6,82	6,31	6,23	6,21	6,15	6,82	6,15	6,34
%0,50 Ksantan gam	6,80	6,34	6,33	6,16	6,09	6,80	6,09	6,34
En Yüksek	6,85	6,38	6,35	6,56	6,21			
En Düşük	6,78	4,72	4,63	4,69	4,61			
Ortalama	6,81	6,02	5,94	5,81	5,69			



^a; Küçük harfler bir fermantasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın her fermantasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.2. 48 saatlik fermantasyon süresince *Lb. casei*'nin farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri

48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait pH değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.2'de verilmiştir.

Örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların 24., 36. ve 48. saatte daha fazla

olduğu saptanmış olup, test substratlarının negatif kontrolden (karbonhidrat içermeyen besi ortamı) genellikle daha düşük pH değerine sahip oldukları belirlenmiştir. % 0,25 ksantan gam ve %0,50 ksantan gam içeren örneklerin pH değerlerinin fermantasyon süresince azaldığı tespit edilmiştir ($p<0,01$).

Çizelge 4.3'te belirtilen farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerince oluşturulan pH değerlerinin istatistik analiz sonuçlarına göre; karbonhidrat kaynağı içermeyen (negatif kontrol) besi ortamındaki *B. lactis* çeşidinin en yüksek pH değerine, %0,50 glikoz içeren besi ortamında bulunan *B. lactis* ve *Lb. casei* türünün ise en düşük pH değerine sahip olduğu ve aynı grupta yer aldıkları saptanmıştır. %0,50 inulin ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamında bulunan *B. lactis*'e ait pH değerlerinin istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. (Çizelge 4.3, $p<0,01$).

Çizelge 4.3. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarının bakteri türlerinin pH değerleri üzerindeki etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Bakteri Türü	Substrat Türü	N	Ortalama Değerler
<i>B. lactis</i>	Kontrol	15	6,55 ^a
	%0,50 Glikoz	15	5,00 ^d
	%0,50 İnulin	15	6,45 ^{ab}
	%0,25 Ksantan gam	15	6,38 ^b
	%0,50 Ksantan gam	15	6,42 ^{ab}
<i>Lb. casei</i>	Kontrol	15	6,47 ^{ab}
	%0,50 Glikoz	15	5,09 ^d
	%0,50 İnulin	15	6,03 ^c
	%0,25 Ksantan gam	15	6,34 ^b
	%0,50 Ksantan gam	15	6,34 ^b

Yılmaz-Ersan ve ark. (2018), *B. longum*'un keçiyoynuzu gamı, karragenan ve ksantan gam içeren ortamda gelişmelerini incelemişlerdir. Bu çalışmada karragenan içeren besi ortamında pH değerlerinin 5,23 ile 5,89 arasında değiştiğini, ksantan gam içeren örnekte ise değerlerin 5,03 ile 5,98 arasında değiştiği saptanmıştır.

Yüksek asitlik değerine sahip ortamda (pH değeri 4,00-4,50 arası) probiyotik mikroorganizmaların gelişmesi yavaşlamakta veya durmaktadır. pH değeri 6,5 -7,02 arası olan ortamda ise probiyotik mikroorganizmalarla birlikte diğer mikroorganizmaların da gelişimi hızlandığından probiyotik mikroorganizmalar ortamda baskın hale gelememektedir (Özden 2013). Bu çalışmada elde edilen pH değerlerinin bakteri türlerinin gelişimini olumsuz etkileyecek değerler arasında bulunmadığı saptanmıştır. Çalışma ile elde edilen bulgulardan *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin ksantan gam içeren besi ortamında aktivite göstererek asitliği geliştirebildikleri saptanmıştır. Gam içeren örneklerde daha yüksek pH değerleri görülmesinin pek çok gamın alkali yapısından kaynaklandığı bildirilmektedir (Karlton-Senaye ve İbrahim 2013).

4.1.2. Hücre yoğunluğu (OD)

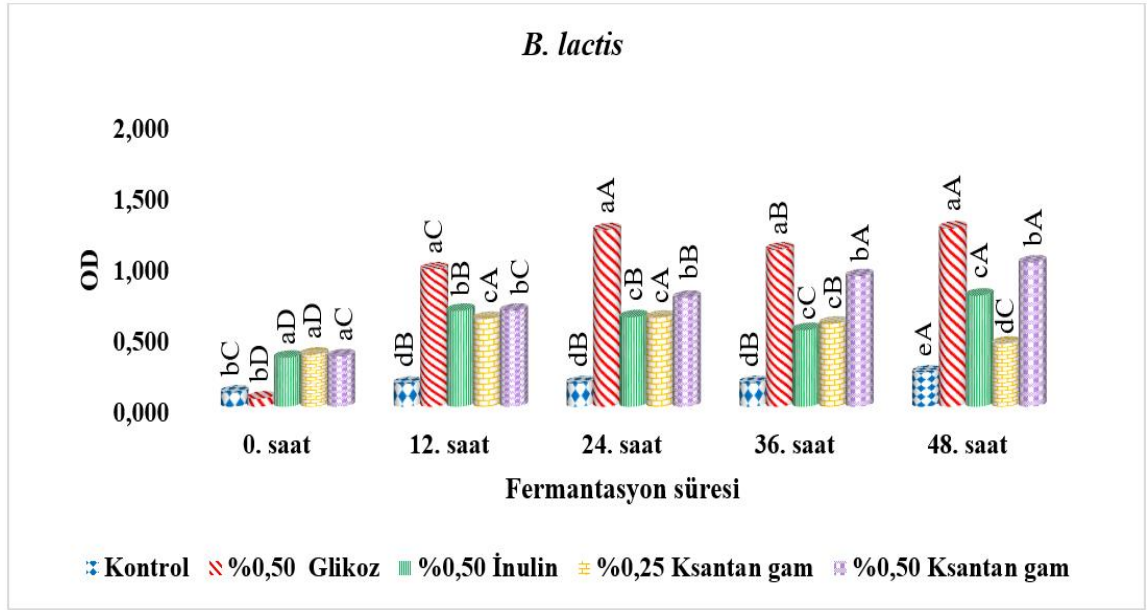
Standarda dayalı sayım yöntemleri genellikle mikroorganizmalar logaritmik gelişme dönemleri içerisindeyken kullanılmaktadır. Gelişme kurvesinin logaritmik fazında bulunan mikroorganizmalar hızlı bir şekilde çoğaldığından bu dönemde elde edilen absorbans değerleri canlı hücre sayısını yüksek doğrulukta yansıtmaktadır. Optik yoğunluğun fotometrik olarak ölçülmesi amacıyla türbidimetrik veya refraktometrik yöntemler kullanılmakta ve bu amaçla spektrofotometreler kullanılarak monokromatik bir ışığın hücre süspansiyonundan geçerken uğradığı yoğunluk kaybı ölçülmektedir (Gürgün ve Halkman 1990).

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait OD değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Fermantasyon süresince en yüksek (1,256) ve en düşük (0,057) OD değerleri glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermantasyon süresince ortalama OD değerleri 0,244 ile 0,747 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.4. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait OD değerleri

Substrat	Fermantasyon Süresi					En Yüksek	En Düşük	Ort.
	0. saat	12. saat	24. saat	36. saat	48. saat			
Kontrol	0,099	0,161	0,165	0,165	0,240	0,240	0,099	0,166
%0,50 Glikoz	0,057	0,966	1,243	1,107	1,256	1,256	0,057	0,926
%0,50 İnulin	0,345	0,675	0,630	0,540	0,782	0,782	0,345	0,594
%0,25 Ksantan gam	0,367	0,619	0,627	0,585	0,444	0,627	0,367	0,528
%0,50 Ksantan gam	0,354	0,675	0,767	0,919	1,015	1,015	0,354	0,746
En Yüksek	0,367	0,966	1,243	1,107	1,256			
En Düşük	0,057	0,161	0,165	0,165	0,240			
Ortalama	0,244	0,619	0,86	0,663	0,747			

48 saatlik fermantasyon süresince *B. lactis*'in farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Fermantasyon süresince en yüksek OD değeri pozitif kontrol olan glikoz içeren besi ortamlarında saptanmıştır. 12. saatten itibaren ksantan gam içeren örneklerin OD değerlerinin glikozdan sonra en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. %0,25 ksantan gam içeren örneklerin OD değerlerinin ilk 24 saat süresince artış gösterdiği daha sonra azaldığı saptanmıştır. % 0,50 ksantan gam içeren örneklerin OD değerlerinin ise fermantasyon süresince artış gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,01$).



^a; Küçük harfler bir fermentasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın her fermentasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.3. 48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri

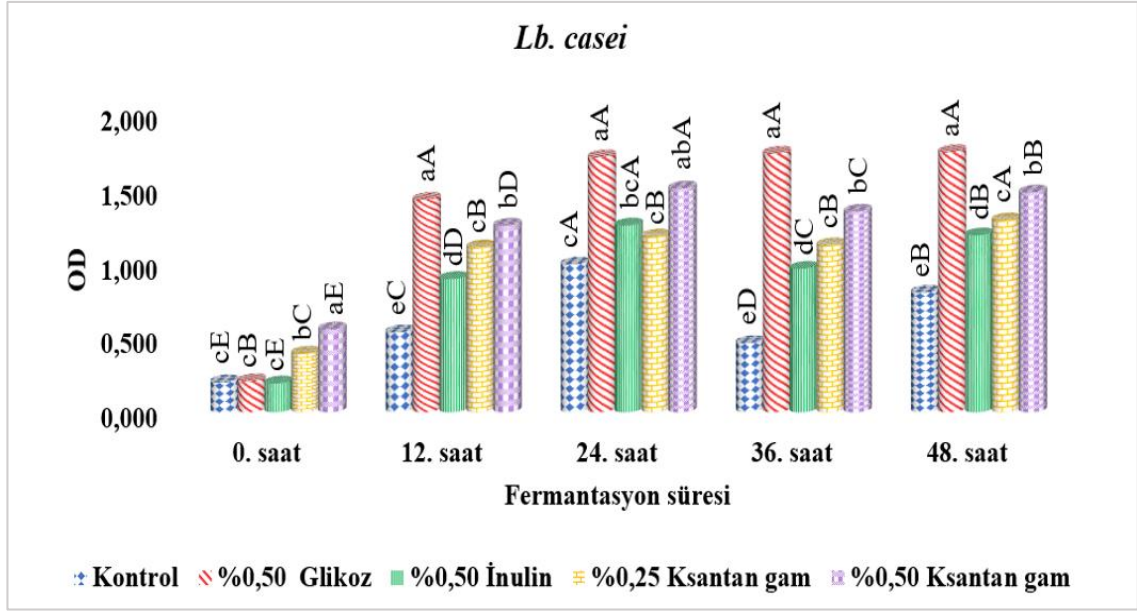
Yılmaz-Ersan ve ark. (2018), *B. longum*'un keçiyoynuzu gamı, karragenan ve ksantan gam içeren ortamda gelişmesini inceledikleri çalışmada bu bakterinin, ksantan gam ve karragenan içeren ortamda fermentasyonun 36. saatinde en yüksek OD değerine sahip olduğunu saptamışlardır. García-Cayuela ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli karbonhidratlar içeren ortamda bulunan *B. lactis* BB-12, *B. breve* 26M2 ve *B. bifidum* HDD541'un 48 saatlik gelişimi sonucu elde edilen OD değerlerinin 0,00 ile 1,21 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait OD değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Fermentasyon süresince en yüksek (1,751) OD değeri glikoz içeren besi ortamında ve en düşük (0,194) OD değeri inülin içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermentasyon süresince ortalama OD değerleri 0,311 ile 1,332 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.5. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait OD değerleri

Substrat	Fermantasyon Süresi					En Yüksek	En Düşük	Ort.
	0. saat	12. saat	24. saat	36. saat	48. saat			
Kontrol	0,201	0,537	0,994	0,464	0,805	0,994	0,201	0,600
%0,50 Glikoz	0,208	1,430	1,717	1,741	1,751	1,751	0,208	1,370
%0,50 İnulin	0,194	0,897	1,258	0,966	1,191	1,258	0,194	0,901
%0,25 Ksantan gam	0,396	1,110	1,183	1,124	1,293	1,293	0,396	1,021
%0,50 Ksantan gam	0,558	1,257	1,507	1,351	1,480	1,507	0,558	1,230
En Yüksek	0,558	1,430	1,717	1,741	1,751			
En Düşük	0,194	0,537	0,994	0,464	0,805			
Ortalama	0,311	1,046	1,332	1,129	1,304			

Fermantasyon süresince *Lb. casei*'nin farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.4'te verilmiştir. Fermantasyon süresince en yüksek OD değeri pozitif kontrol olan glikoz içeren besi ortamlarında saptanmıştır. 12. saatten itibaren ksantan gam içeren örneklerin OD değerlerinin glikozdan sonra en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. %0,25 ksantan gam içeren örneklerin OD değerlerinin fermantasyon süresince artış gösterdiği saptanmıştır. % 0,50 ksantan gam içeren örneklerin fermantasyonun 24. saatinde en yüksek OD değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). %0,50 oranında ksantan gam içeren besi ortamında *Lb. casei* hücre yoğunluğu değerinin aynı oranda pozitif kontrol (%0,50 glikoz) ile yakın değerlere sahip olması *Lb. casei*'nin ksantan gam içeren ortamda glikoz kadar iyi gelişebildiğini göstermektedir.



^a; Küçük harfler bir fermentasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın her fermentasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.4. 48 saatlik fermentasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait OD değerleri ve istatistiksel değerlendirmeleri

Çizelge 4.6'da belirtilen farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında *B. lactis* ve *Lb. casei*'nin ortalama hücre yoğunluğu değerlerine ilişkin istatistik analiz sonuçlarına göre; en yüksek hücre yoğunluğunun %0,50 glikoz içeren besi ortamında *Lb. casei* türüne ait olduğu belirlenmiştir. Bu değeri sırayla %0,50 ve %0,25 ksantan gam içeren besi ortamında bulunan *Lb. casei* türü takip etmektedir. Çalışmada kullanılan her iki bakteri türünün negatif kontrol gruplarının en düşük hücre yoğunluğu değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Sıvı besi ortamına belirli oranlarda ksantan gam ilavesi ile hücre yoğunluğu değerlerinin artış gösterdiği ve ksantan gam oranı arttıkça hücre yoğunluğu değerlerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki probiyotik bakteri grubu karşılaştırıldığında *Lb. casei*'nin aynı substratı içeren tüm besi ortamlarında *B. lactis*'e göre daha yüksek hücre yoğunluğu değerine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 4,6, $p < 0,01$).

Elde edilen sonuçlar *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin ksantan gam içeren sıvı besi ortamlarında iyi gelişebildiklerini göstermektedir. %0,50 oranında ksantan gam içeren besi ortamında *Lb. casei* hücre yoğunluğu değerinin aynı oranda pozitif kontrol (%0,50 glikoz) ile yakın değerlere sahip olması *Lb. casei*'nin ksantan gam içeren ortamda pozitif kontrol olan glikoz kadar iyi gelişebildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.6. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerinin hücre yoğunluğu değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Bakteri Türü	Substrat Türü	N	Ortalama Değerler
<i>B. lactis</i>	Kontrol	15	0,159 ^h
	%0,50 Glikoz	15	0,928 ^d
	%0,50 İnulin	15	0,591 ^f
	%0,25 Ksantan gam	15	0,525 ^g
	%0,50 Ksantan gam	15	0,746 ^c
<i>Lb. casei</i>	Kontrol	15	0,600 ^f
	%0,50 Glikoz	15	1,338 ^a
	%0,50 İnulin	15	0,901 ^d
	%0,25 Ksantan gam	15	1,021 ^c
	%0,50 Ksantan gam	15	1,230 ^b

*Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır ($p < 0,01$).

Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) tarafından yapılan çalışmada *Bifidobacterium* türlerinin, salep tozunu karbon ve enerji kaynağı olarak kullanma potansiyelleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, %0,5 salep tozu içeren ortamda *B. lactis* için OD değeri 0,645; glikoz içeren ortamda ise 1,114 olarak bulunmuştur. Çalışmada ksantan gam içeren besi ortamına ait OD değerleri salep tozu içeren besi ortamında elde edilen değerlere benzer olduğu saptanmıştır.

Araştırmada yapılan pH ve OD analizlerine ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Yapılan varyans analizine göre, tüm varyasyon kaynakları ve bunlar arasındaki interaksiyon $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Fermantasyon süresince ortalama değerler incelendiğinde en yüksek pH değeri negatif kontrol örneğinde saptanırken, en düşük pH değeri glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. pH'nın aksine en yüksek OD değeri glikoz içeren örnekte saptanmış olup, bu örneği ksantan gam içeren örnekler izlemiştir. Bakteri türleri arasında en yüksek pH değerine *B. lactis*'in en yüksek

OD değerine ise *Lb. casei*'nin sahip olduğu belirlenmiştir. Fermantasyon süreleri incelendiğinde pH değerinin azaldığı ve OD değerlerinin arttığı saptanmış olup, en yüksek pH değeri 0. saatte, en yüksek OD değeri ise 48. saatte saptanmıştır.

Çizelge 4.7. pH ve OD analizlerine ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları

Substrat	N	pH	OD
Kontrol	30	6,53 ^a	0,311 ^d
%0,50 Glikoz	30	5,05 ^c	1,075 ^a
%0,50 İnulin	30	6,24 ^b	0,675 ^c
%0,25 Ksantan gam	30	6,38 ^{ab}	0,702 ^c
%0,50 Ksantan gam	30	6,39 ^a	0,915 ^b
Bakteri türleri			
<i>B. lactis</i>	15	6,14 ^a	0,591 ^b
<i>Lb. casei</i>	15	6,05 ^b	1,025 ^a
Fermantasyon süresi (saat)			
0	30	6,53 ^a	0,258 ^d
12	30	6,15 ^b	0,774 ^c
24	30	6,11 ^b	0,855 ^b
36	30	5,95 ^{bc}	0,860 ^{ab}
48	30	5,86 ^c	0,931 ^a
ANOVA			
Substrat		**	**
Bakteri türleri		**	**
Fermantasyon süresi		**	**
Substrat x Bakteri türü		**	**
Substrat x Fermantasyon süresi		**	**
Bakteri türü x Fermantasyon süresi		**	**
Substrat x Bakteri türü x Fermantasyon süresi		**	**

* Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** p<0,01; * p<0,05.

Çalışmada elde edilen pH değerlerinin bakteri türlerinin gelişimini olumsuz etkileyecek değerler arasında bulunmadığı saptanmıştır. Çalışma ile elde edilen bulgulardan *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin ksantan gamın bileşimindeki karbonhidrat ve diğer bileşenleri glikoz ve inulin kadar iyi kullanabildiği, ksantan gam içeren besi ortamında aktivite göstererek asitliği geliştirebildikleri saptanmıştır. Diğer çalışmalar ile oluşan farklılıklar kullanılan probiyotik mikroorganizmanın türü, suşu ve oranı; substrat kaynakları ve kullanılma oranlarının farklı olması gibi nedenlerden kaynaklanabilmektedir.

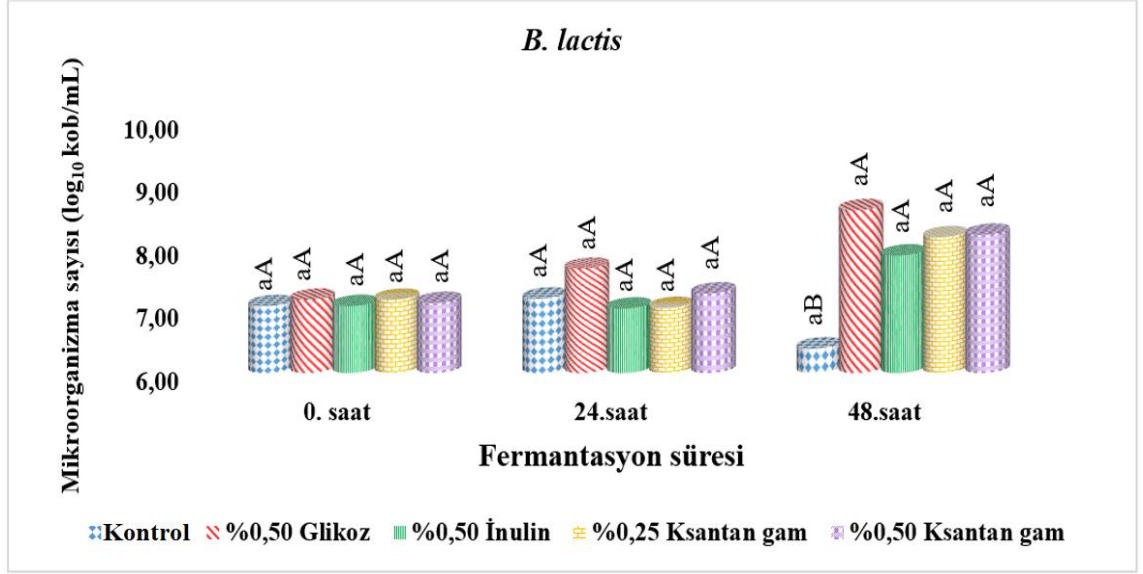
4.1.3. Mikroorganizma sayısı

Probiyotik bakteriler tarafından istenilen terapötik özelliklerin gösterilebilmesi için en az 10^6 kob/g canlı hücre vücuda alınması gerekirken, bazı araştırmacılar tarafından probiyotik ürünlerde bulunması gereken canlı bakteri konsantrasyonu 10^8 kob/g ve üzeri olarak belirtilmektedir (Tamime ve ark. 1995).

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerindeki *B. lactis*'e ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL) Çizelge 4.8'de verilmiştir. En yüksek mikroorganizma sayısı (8,58) glikoz içeren besi ortamında, en düşük (6,39) ise negatif kontrol (karbonhidrat içermeyen besi ortamı) örneğinde saptanmıştır. Fermantasyon süresince ortalama mikroorganizma sayıları 7.11 ile 7.83 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.8. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL)

Substratlar	Fermantasyon Süresi			En Yüksek	En Düşük	Ortalama
	0. saat	24.saat	48.saat			
Kontrol	7,06	7,18	6,39	7,18	6,39	6,88
%0,50 Glikoz	7,16	7,65	8,58	8,58	7,16	7,80
%0,50 İnulin	7,06	7,02	7,86	7,86	7,02	7,31
%0,25 Ksantan gam	7,16	7,03	8,15	8,15	7,03	7,45
%0,50 Ksantan gam	7,11	7,26	8,19	8,19	7,11	7,52
En Yüksek	7,16	7,65	8,58			
En Düşük	7,06	7,02	6,39			
Ortalama	7,11	7,23	7,83			



^a; Küçük harfler bir fermantasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın her fermantasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

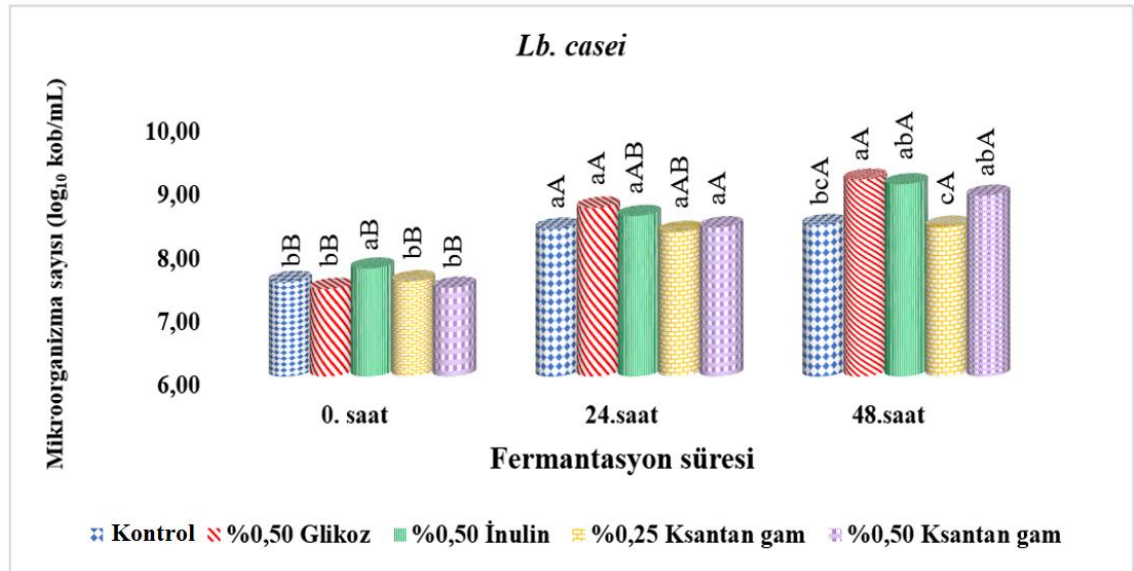
Şekil 4.5. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL) ve istatistiksel değerlendirmeleri

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait mikroorganizma sayıları ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre fermantasyon süresince negatif kontrol haricinde örnekler arasında ve fermantasyon süreleri arasında farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Negatif kontrol olan karbonhidrat içermeyen besi ortamında fermantasyon süresince mikroorganizma sayısının azaldığı saptanmıştır.

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerindeki *Lb. casei*'ye ait mikroorganizma sayıları (\log_{10} kob/mL) Çizelge 4.9'da verilmiştir. En yüksek (9,10) ve en düşük (7,38) mikroorganizma sayısı glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermantasyon süresince ortalama mikroorganizma sayıları 7,49 ile 8,75 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.9. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait mikroorganizma sayıları (log₁₀ kob/mL)

Substratlar	Fermantasyon Süresi			En Yüksek	En Düşük	Ortalama
	0. saat	24.saat	48.saat			
Kontrol	7,49	8,33	8,39	8,39	7,49	8,07
%0,50 Glikoz	7,38	8,66	9,10	9,10	7,38	8,38
%0,50 İnulin	7,70	8,53	9,03	9,03	7,70	8,42
%0,25 Ksantan gam	7,50	8,28	8,36	8,36	7,50	8,05
%0,50 Ksantan gam	7,40	8,35	8,85	8,85	7,40	8,20
En Yüksek	7,70	8,66	9,10			
En Düşük	7,38	8,28	8,36			
Ortalama	7,49	8,43	8,75			



^a; Küçük harfler bir fermantasyon süresindeki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir (p<0.01)

^A; Büyük harfler substratın her fermantasyon süresindeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir(p<0.01)

Şekil 4.6. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait mikroorganizma sayıları (log₁₀ kob/mL) ve istatistiksel değerlendirmeleri

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait mikroorganizma sayıları ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Fermantasyonun 24. saatinde substratlar arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmamış olup ($p>0,05$), fermantasyonun başlangıcında önemlilik $p<0,05$ olarak, 48. saatte ise $p<0,01$ olarak saptanmıştır. Fermantasyonun 48. saatinde en yüksek mikroorganizma sayısı sırası ile glikoz, inulin, %0,50 ksantan gam, negatif kontrol ve %0,25 ksantan gam içeren örneklerde saptanmıştır. Fermantasyon süresince ksantan gam içeren örneklerde pozitif kontrol örneklerinde (glikoz ve inulin içeren besi ortamları) olduğu gibi mikroorganizma sayısının arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.10'da belirtilen farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerinin mikroorganizma sayısı değerlerine ilişkin istatistik analiz sonuçlarına göre; örneklerde en yüksek mikroorganizma sayısı %0,50 inulin içeren besi ortamında bulunan *Lb. casei* türünde, en düşük mikroorganizma sayısı *B. lactis*'in negatif kontrol örneğinde saptanmıştır. *Lb. casei* türünün %0,50 ksantan gam ile aynı oranda inulin ve glikoz içeren besi ortamında mikroorganizma sayısı değerlerinin birbirine yakın olması *Lb. casei*'nin ksantan gam içeren besi ortamında glikoz ve inulin kadar iyi gelişebildiğini göstermektedir. Her iki bakteri türünde de ksantan gam oranı arttıkça mikroorganizma sayısının logaritmik olarak arttığı, tüm besi ortamlarında *Lb. casei* türünün *B. lactis*'e göre daha iyi gelişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında bakteri türlerinin mikroorganizma sayısı değerlerine (\log_{10} kob/mL) ilişkin LSD testi sonuçları

Bakteri Türü	Substrat Türü	N	Ortalama Değerler
<i>B. lactis</i>	Kontrol	6	6,88 ^d
	%0,50 Glikoz	6	7,79 ^{abc}
	%0,50 İnulin	6	7,31 ^{cd}
	%0,25 Ksantan gam	6	7,45 ^{bcd}
	%0,50 Ksantan gam	6	7,52 ^{bcd}
<i>Lb. casei</i>	Kontrol	6	8,07 ^{abc}
	%0,50 Glikoz	6	8,38 ^a
	%0,50 İnulin	6	8,42 ^a
	%0,25 Ksantan gam	6	8,05 ^{abc}
	%0,50 Ksantan gam	6	8,20 ^{ab}

*Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,01$).

Yılmaz-Ersan ve ark. (2016b), *B. lactis*'in, tara gam, guar gam ve gam arabik'i fermente edebilme yeteneğini araştırdıkları çalışmalarında, 24 saatlik fermantasyondan sonra tara gam ve gam arabik'in bu mikroorganizmanın gelişmesini desteklediklerini fermantasyon sonunda mikroorganizma sayısının arttığını saptamışlardır. Guar gamın ise mikroorganizma gelişmesi üzerine daha az etkili olduğu bulunmuştur.

Mikrobiyolojik ekim sonucu elde edilen mikroorganizma sayılarına ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Varyasyon kaynaklarından substrat türleri ve substrat türleri ile fermantasyon süresi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Substrat türü x bakteri türü ile substrat x bakteri türü x fermantasyon süresi interaksyonu bulunamadığından çizelgede gösterilmemiştir. Mikroorganizma türlerine göre, en yüksek mikroorganizma sayısı *Lb. casei* içeren örneklerde saptanmıştır. Fermantasyon süresi dikkate alındığında, en yüksek mikroorganizma sayısı 48. saatte saptanmış olup, tüm süreler istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almıştır. Bu çalışmada *Lb. casei* ksantan gam içeren besi ortamında *B. lactis*'e göre daha iyi gelişme göstermiştir. Bunun nedeni, *Bifidobacterium* türlerinin, *Lactobacillus* türlerine göre daha fazla gelişme faktörlerine (serbest amino asitler, vitaminler mineraller gibi), düşük oksijen ve asitliğe ihtiyaç duymasından kaynaklanabilir.

Voragan ve ark. (2001), *in vitro* çalışmalarda kullanılan potansiyel prebiyotik substratların kimyasal yapısı, polimerizasyon dereceleri (DP), monomer birimlerinin bileşimi ve substratın suda çözünürlüğünün probiyotik mikroorganizmalar tarafından fermente edilebilme yeteneğini ve canlı mikroorganizma sayısını etkilediğini belirtmiştir.

Vulevic ve ark. (2004) diyet oligosakaritlerinin *in vitro* ortamda prebiyotik potansiyelini belirlemek için yaptıkları çalışmada guar gam, sukroz, FOS ve TOS içeren ortamda bakteri gruplarının gelişme yeteneklerini incelemişlerdir. Çalışmada %0,25 gam içeren örnekler ile karşılaştırıldığında %0,50 gam içeren örneklerde daha yüksek bakteri sayısı saptanmıştır.

Karlton-Senaye ve ark. (2015a) laboratuvar ortamı ve sütte, *Lactobacillus* türlerinin gelişimi üzerine gamların etkilerini araştırdıkları çalışmada, temel besi ortamı ve dokuz farklı gam kullanılarak modifiye edilmiş bir bazal ortam hazırlanmıştır. 37°C' de 12 saat inkübasyon süresince gamların laboratuvar ortamında ve sütteki üç *Lactobacillus* suşu üzerindeki etkisi incelendiğinde, *Lb. rhamnosus* GGB101 suşu popülasyonunun test edilen tüm gamların varlığında sütte daha yüksek sayıda olduğu saptanmıştır (p<0,05). En yüksek bakteri popülasyonu ksantan gam içeren sütte belirlenmiştir. Ayrıca ksantan gam ilavesi besiyerinde *Lb. rhamnosus* GG B101 gelişimini önemli ölçüde (p<0,05) artırmış ve daha yüksek bakteri popülasyonu tespit edilmiştir. Test edilen tüm gamlar laboratuvar ortamına kıyasla tüm süt örneklerinde *Lb. rhamnosus* GG B103 popülasyonu üzerinde pozitif etki göstermiştir. Ksantan gam ilavesi hem sütte hem de besi ortamında önemli ölçüde (p<0,05) en yüksek *Lb. rhamnosus* GG suşu gelişimini sağlarken *Lb. reuteri* suşunun gelişimini engellediği saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Mikroorganizma sayılarına ait substrat türleri, bakteri türleri, fermantasyon süresi ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları

Substrat	N	Log₁₀ kob/mL
Kontrol	12	7,42 ^a
%0,50 Glikoz	12	7,81 ^a
%0,50 İnulin	12	7,59 ^a
%0,25 Ksantan gam	12	7,47 ^a
%0,50 Ksantan gam	12	7,59 ^a
Bakteri türleri		
<i>B. lactis</i>	15	7,40 ^b
<i>Lb. casei</i>	15	8,22 ^a
Fermantasyon süresi (saat)		
0	20	7,22 ^b
24	20	7,64 ^{ab}
48	20	7,87 ^a
ANOVA		
Substrat		önemsiz
Bakteri türleri		**
Fermantasyon süresi		*
Substrat x Fermantasyon süresi		önemsiz
Bakteri türü x Fermantasyon süresi		*
*Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** p<0,01; * p<0,05		

4.1.4. Gelişme oranı

Spesifik gelişme oranı bir substrat için mikroorganizmaların fermantasyon kapasitesini belirlemek için kullanılmaktadır. Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bakteri türlerine ait gelişme oranları Azmi ve ark. (2012)'nin önerdiği formüle göre hesaplanmış ve Çizelge 4.12' de verilmiştir. Gelişme oranları fermantasyonun üç farklı zamanında yapılan mikrobiyolojik ekim sonuçlarına göre hesaplanmıştır. Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi 0 ile 24. saatler arasında %0,50 inulin ve %0,25 ksantan gam içeren *B. lactis*'e ait besi ortamları haricinde tüm örneklerde gelişme oranı pozitif olarak hesaplanmıştır. 0. saat ile 48. saat arasında karbonhidrat içermeyen besi ortamında *B. lactis*'e ait örneğin gelişme oranı negatif olarak saptanmıştır. 0-48. saatleri arasında en yüksek gelişme oranları her iki bakteri türü için de glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Ayrıca %0,50 ksantan gam içeren *Lb. casei*'ye ait örneklerin glikoza yakın gelişme oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ksantan gam içeren besi ortamında *B. lactis*'e ait gelişme oranlarının inulinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.12. 48 saatlik fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bakteri türlerine ait gelişme oranları

Bakteri türleri	Substratlar	0-24 saat	24-48 saat	0-48 saat
<i>B. lactis</i>	Kontrol	0,02	-0,11	-0,09
	%0,50 Glikoz	0,07	0,12	0,20
	%0,50 İnulin	-0,01	0,12	0,11
	%0,25 Ksantan gam	-0,02	0,16	0,14
	%0,50 Ksantan gam	0,02	0,13	0,15
<i>Lb. casei</i>	Kontrol	0,11	0,01	0,12
	%0,50 Glikoz	0,17	0,05	0,23
	%0,50 İnulin	0,11	0,06	0,17
	%0,25 Ksantan gam	0,10	0,01	0,11
	%0,50 Ksantan gam	0,13	0,06	0,20

Gelişme oranı: $\frac{\log_{10} \text{ kob/mL son fermantasyon zamanı} - \log_{10} \text{ kob/mL bir önceki fermantasyon zamanı}}{\log_{10} \text{ kob/mL bir önceki fermantasyon zamanı}}$

Sousaa ve ark. (2015) yacon (*Smallanthus sonchifolius*, yer elması) yumrusu ununun *in vitro* prebiyotik potansiyelini araştırdıkları çalışmada, farklı besi ortamları ve farklı yacon yumru unu oranlarında (%0,5; %1,0 ve %2,0) *Lactobacillus* suşlarının spesifik gelişme oranları incelenmiştir. Kullanılan yacon oranı arttıkça *Lb. casei*'ye ait spesifik gelişme

oranı değerlerinin arttığı ve en yüksek gelişme oranının %2,0 yacon içeren ortamda en düşük gelişme oranının ise %0,5 içeren ortamda olduğu tespit edilmiştir.

Karlton-Senaye ve İbrahim (2013) tarafından yapılan çalışma sonucunda 12 saatlik inkübasyon süresince %0,50 oranında gam içeren ortamda bakteri sayısı %0,25 gam içeren ortama göre daha az artış göstermiştir. Gam oranı 12 saatlik inkübasyon süresince bakteri gelişimini olumlu yönde etkilerken, 6 saatlik inkübasyon süresince kullanılan gam oranının bakteri sayısı üzerindeki etkisinin daha az olduğu saptanmıştır.

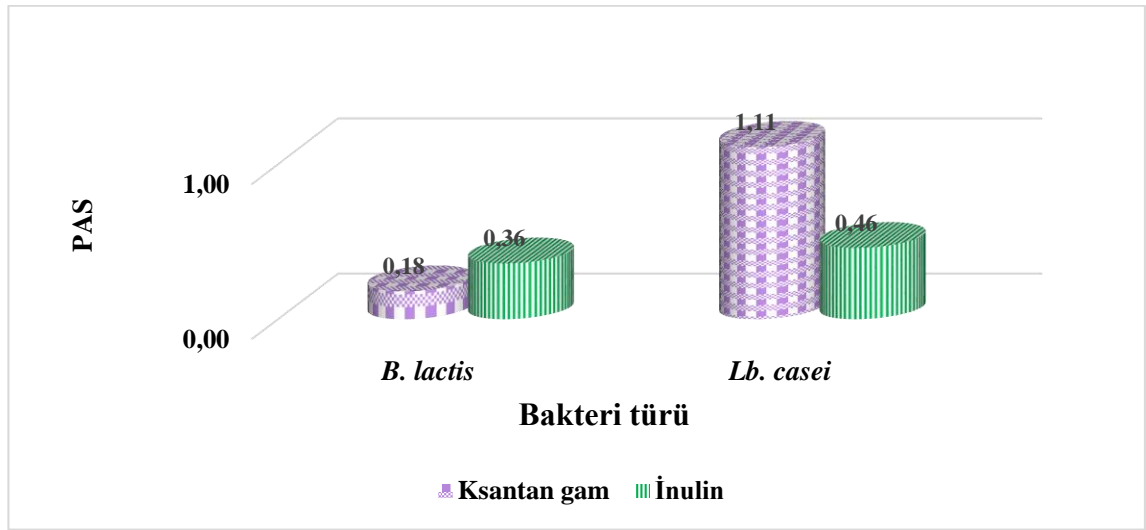
Macfarlane ve Macfarlane (1998) gelişme evresinin başlangıcında, *Lactobacillus* suşlarının spesifik gelişme oranının *Bifidobacterium* türlerinin spesifik gelişme oranına göre daha yüksek iken, gelişimin sonraki evrelerinde *Bifidobacterium* türlerine ait değerlerin *Lactobacillus* suşlarına göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. *Bifidobacterium* türlerinin gelişme oranının fermantasyonun ilerleyen aşamalarında daha yüksek olması bakterinin daha sonra belirli substratlar için fermantasyon kapasitesine ulaştığı anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, *B. lactis*'in fermantasyonun 24-48. saatleri arasında, *Lb. casei*'ye göre gelişme oranının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

4.1.5. Prebiyotik aktivite sayısı (PAS)

Bir gıda bileşeninin prebiyotik olarak sınıflandırılabilmesi için sağlık üzerine yararlı etkilerinin ve bağırsak mikrobiyotasındaki bileşimi ve/veya aktiviteyi uyardığı veya seçici olarak değiştirdiğinin bilimsel olarak kanıtlanması gerekmektedir. Prebiyotik etkiyi tanımlayan PAS ile *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türleri gibi bağırsak sistemindeki yararlı bakteri gruplarının ve Koliform grubu gibi zararlı mikroorganizmaların hücre yoğunluğu/bakteri sayısı değerlerindeki değişiklikler karşılaştırılmaktadır. Bir substratın prebiyotik aktivitesini değerlendirmek için en önemli koşul, belirli bir prebiyotik suşu tarafından glikoz kadar iyi/yakın metabolize edilmesi gerektiğidir. Bir substratın *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* gibi prebiyotik türler tarafından glikoz kadar iyi metabolize edilmesi sonucu ortamdaki prebiyotik mikroorganizma sayısının artışı göstermesi pozitif prebiyotik aktivite, *Enterococcus* gibi patojenik mikroorganizma

türlerinin sayısını artmasında ise negatif prebiyotik aktiviteden bahsedilmektedir (Huebner ve ark. 2007, Roberfroid 2007, Maischberger ve ark. 2009, Usta ve ark. 2015).

Çalışmada kullanılan her iki bakteri türüne ait prebiyotik aktivite sayısı değerleri Şekil 4.7’de verilmiştir. *Lb. casei*’nin ksantan gam içeren besi ortamında prebiyotik aktivite sayısının inuline göre daha yüksek olduğu ancak *B. lactis*’in ksantan gam içeren besi ortamında PAS değerinin inuline göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

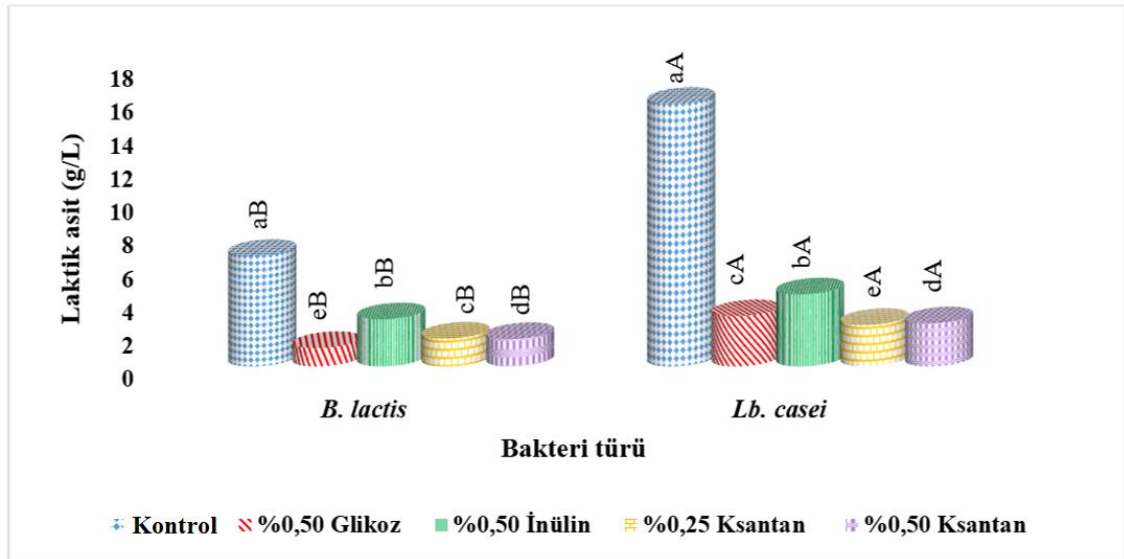


Şekil 4.7. *B. lactis* ve *Lb. casei* türleri için prebiyotik aktivite sayısı (PAS)

Usta ve Yılmaz-Ersan (2017) tarafından bazı orkide türlerinden elde edilen salebin prebiyotik potansiyelinin araştırıldığı çalışmada, salep içeren ortamda *B. lactis* için hesaplanan PAS değerinin *B. infantis* (0,34) 'a göre daha düşük, *B. bifidum* ile ise aynı olduğu (0,30) belirlenmiştir. Delikanlı-Kıyak (2018), %1 oranında *Cordyceps militaris* mantar ekstraktını içeren besi yeri örneklerinde PAS değerlerini *B. bifidum* için 0,33; *B. infantis* için 0,63 ve *B. lactis* için ise 0,91 olarak belirlemiştir. Eroğlu (2019), *B. lactis* için %1 stevia katkılı besi ortamında prebiyotik aktivite skorunu 0,67 olarak saptamıştır. *Bifidobacterium* türlerine ait PAS değerleri, suşların metabolik kapasitesi, spesifik sakkaritik fermantasyon mekanizmaları ve kullanılan substratların farklılığı ile konsantrasyonlarından kaynaklanabilmektedir.

4.1.6. Laktik asit

1780 yılında Carl Wilhelm Scheele tarafından keşfedilen ve 1881 yılında ekşimiş süttten elde edilmesi nedeni ile süt asidi olarak da adlandırılan laktik asit, gastrointestinal sistemde *Lactobacilli*, *Bifidobacteria*, *Enterococci*, *Streptococci* ve *Eubacterium* tarafından prebiyotiklerin fermantasyonu sonucu üretilen önemli bir organik asittir. Homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından karbonhidratların pirüvik aside parçalanması sonucu pirüvik asitten laktik asit oluşumu gerçekleşirken, heterofermentatif bakteriler (*Bifidobacterium* türleri gibi) tarafından laktik asit oluşumu ve glikozdan laktik asit ile birlikte diğer asit ve alkollerin üretimi şeklinde gerçekleşmektedir (McSweeney ve ark. 2004, Maischberger ve ark. 2009, Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan 2019).



^a; Küçük harfler bir bakterideki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın iki bakteri türündeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.8. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki laktik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda bakteri türleri tarafından üretilen laktik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.8'de verilmiştir. Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında oluşan laktik asit değerlerine ilişkin LSD testi sonuçlarına göre, tüm

substrat türlerinin istatistiki olarak farklı gruplara dahil olduğu ve en yüksek laktik asit miktarının negatif kontrol grubuna ait olduğu saptanmıştır. *B. lactis* için kontrol örneğini sırasıyla inulin, %0,25 ksantan gam ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarının izlediği belirlenmiştir. *Lb. casei* için negatif kontrolü inulin, glikoz ve %0,50 ksantan gam içeren örnekler izlemiştir. Bakteriler arasındaki laktik asit miktarları incelendiğinde *Lb. casei*'nin geliştiği substratlara ait değerlerin daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,01$).

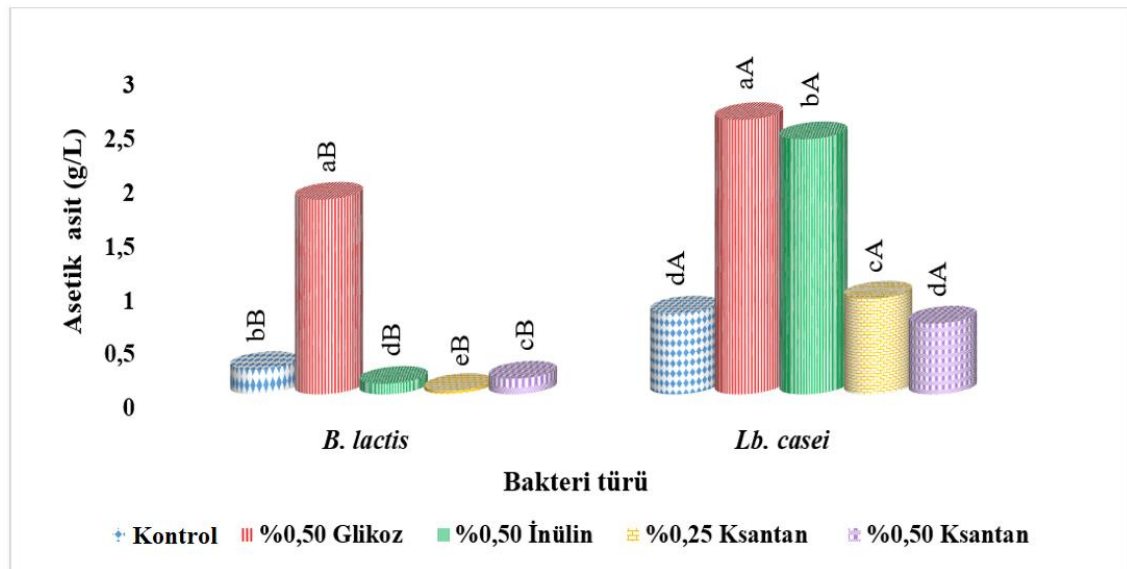
Eroğlu (2019), stevianın potansiyel prebiyotik aktivitesini incelediği çalışmada, *B. lactis* tarafından üretilen laktik asit miktarlarını %1 stevia içeren besi ortamı için 1,408; %1 glikoz içeren besi ortamı için 3,069 ve %1 inulin içeren besi ortamı için ise 1,701 g/L olarak saptamıştır. Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) tarafından yapılan çalışmada *Bifidobacterium* türlerinin %0,5 oranında salep tozu ve glikoz içeren besi ortamındaki laktik asit konsantrasyonları 0,19 g/L ile 1,37 g/L aralığında saptanmıştır. Probiyotik mikroorganizmanın türü ve suşu, fermantasyon koşulları, besi ortamında bulunan substratların kullanılabilirliği gibi birçok faktör prebiyotiklerin fermantasyonu süresince laktik asit miktarı üzerinde etkili olmakta ve yapılan araştırmalarda elde edilen laktik asit değerleri değişiklik gösterebilmektedir.

4.1.7. Kısa zincirli yağ asitleri (KZYA)

Prebiyotik fermantasyonu sonucunda a) faydalı mikrobiyaya artışı, b) patojenik mikrobiyaya popülasyonunun azalması, c) pH düşmesi ve d) kısa zincirli yağ asitleri (asetik, bütirik ve propiyonik asit) oluşumu gerçekleşmektedir. Kısa zincirli yağ asitleri, Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından “6 karbon atomundan daha az alifatik kuyruk içeren karboksilik asitler” olarak tanımlanmaktadır. Asetik, propiyonik ve bütirik asitler, ağırlıklı olarak sindirilemeyen diyet karbonhidratlarının bağırsak mikrobiyal fermentasyonunun bir sonucu olarak üretilen başlıca son ürünlerdir. KZYA'lar kalsiyum, magnezyum ve demir gibi minerallerin emilimini teşvik etmek, kolesterol sentezini inhibe etmek, metabolik sendromun, bağırsak bozukluklarının ve belirli kanser türlerinin önlenmesini / tedavisini desteklemek gibi

sağlığı teşvik edici özelliklere sahiptirler. Mikroorganizmaların türü ve enzimatik özellikleri ile substratların kimyasal yapısı ve konsantrasyonu gibi faktörler *in vitro/in vivo* ortamlardaki üretilen KZYA miktarını ve türünü etkilemektedir. Ayrıca *in vivo* çalışmalarda canlının kolon mikrobiyotası ve bağırsak geçiş süresi de üretimi etkilemektedir (Morrison ve Preston 2016, Markowiak ve Śliżewska 2017, McNabney ve Henagan 2017, Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan 2019).

Asetik Asit: Homofermentatif *Lactobacillus* türlerinin fermantasyonu sonucu üretilen en önemli ürün laktik asit iken asetik asit ve diğer kısa zincirli yağ asitleri de önemli miktarda üretilmektedir. Heterofermentatif *Bifidobacterium* türlerinin fermantasyonu süresince glikozdan laktik asit ve asetik asit oluşmaktadır. Kuvvetli bir asit olan asetik asit bağırsak pH'sını düşürmekte, bağırsak bütünlüğünün korunması ve immun sistemin düzenlenmesini sağlamaktadır. Lipogenez ve kolesterol sentezi için bir öncü olan asetik asit, anti-enflamatuvar tepkileri uyarma ve merkezi sinir sistemi ile etkileşimi nedeniyle iştahı azaltmaktadır. Asetik asit, kas dokusunda enerjik substrat olarak kullanılabilir, enflamasyonu kontrol etmekte ve patojen istilasını önlemektedir. Bağırsakta Prebiyotik fermantasyonu sonucu üretilen asetik asit konsantrasyonu, tür ve substrat çeşidine bağlı olarak değişmektedir (Nazzaro ve ark. 2012, Belorkar ve Gupta 2016).



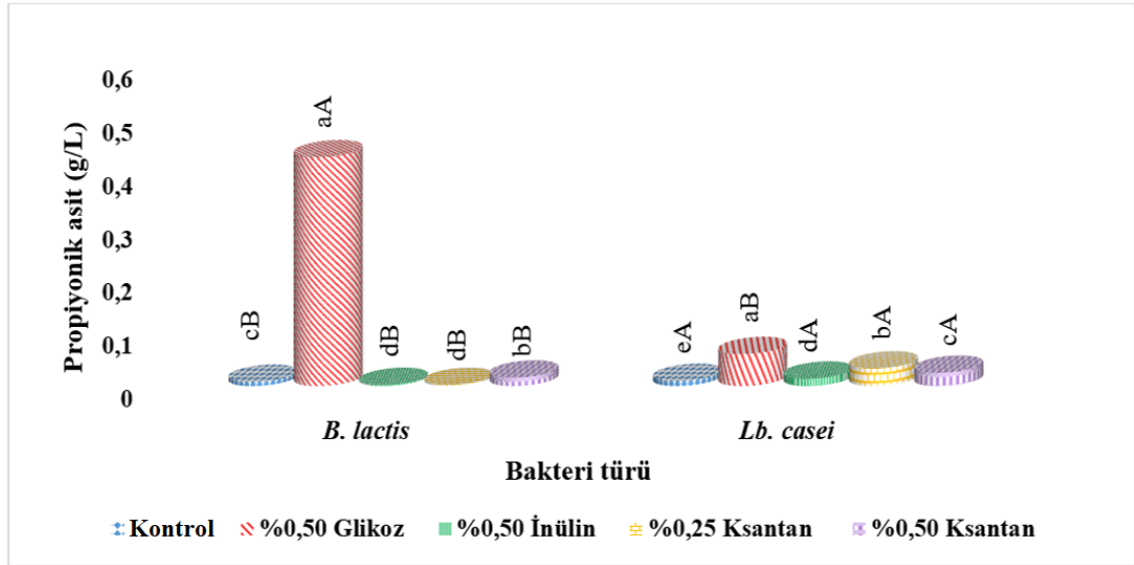
^a; Küçük harfler bir bakterideki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)
^A; Büyük harfler substratın iki bakteri türündeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.9. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki asetik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda bakteri türleri tarafından üretilen asetik asit miktarları (g/L) ve varyans analizine göre istatistiksel gruplandırmaları Şekil 4.9'da verilmiştir. LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek asetik asit miktarının %0,50 glikoz içeren besi ortamına ait olduğu saptanmıştır. %0,50 ksantan gam içeren *B. lactis*'e ait asetik asit değeri pozitif kontrol olan inulinden daha yüksek iken, *Lb. casei* için ise %0,25 ksantan gam içeren örneklerin negatif kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bakteri türleri tarafından oluşturulan ortalama asetik asit değerlerine ilişkin LSD testi sonuçlarına bakıldığında her iki türün farklı istatistiksel gruba dahil olduğu, *Lb. casei* türünün *B. lactis*'e göre daha yüksek asetik asit oluşturduğu saptanmıştır ($p<0,01$).

Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) tarafından yapılan çalışmada *Bifidobacterium* türlerinin %0,5 oranında salep tozu ve glikoz içeren besi ortamlarında oluşturulan asetik asit konsantrasyonları, salep içeren ortamda 0,24 ile 0,68 g/L arasında değişmiş olup, *B. lactis* için 0,68 g/L olarak saptanmıştır. Eroğlu (2019) %1 stevia içeren besi ortamında *B. lactis* tarafından üretilen asetik asit miktarını 48 saatlik fermantasyon sonunda 0,040 g/L olarak saptamıştır. Çalışmada saptadığımız bulgular, *B. lactis* için Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) ile karşılaştırıldığında daha düşük iken Eroğlu (2019) ile benzer bulunmuştur.

Propiyonik Asit: Propiyonik asit ilk kez 1844 yılında Johann Gottlieb tarafından şekerlerin indirgenme ürünü olarak tanımlanmış olup kimyasal yapısı CH_3CH_2COOH şeklindedir. Kolon mikrobiyotasındaki bakteri enzimleri ile hidrolize edilen prebiyotiklerin fermentasyonu sonucu son ürün olarak üretilen propiyonik asit, hepatik yağ asidi sentezini inhibe ederek serum LDL düzeyini düşürmektedir. Bazı kolon bakterileri tarafından üretilen propiyonik asit vücudun birçok yerine taşınabilmekte ve karaciğer hücrelerinde kullanılabilir (Macfabe ve ark. 2007, Nguyen ve ark. 2007, Den Besten ve ark. 2013).



^a; Küçük harfler bir bakterideki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)
^A; Büyük harfler substratın iki bakteri türündeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.10. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamındaki propiyonik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri

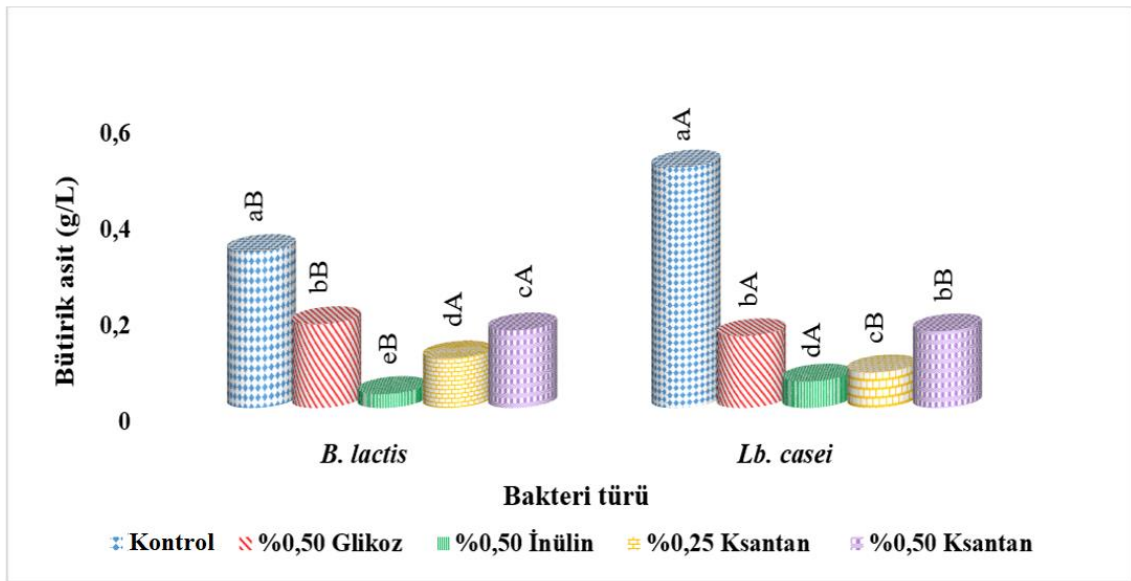
Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda bakteri türleri tarafından üretilen propiyonik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.10'da verilmiştir. LSD testi sonuçlarına göre, en yüksek propiyonik asit miktarının %0,50 glikoz içeren besi ortamına ait olduğu saptanmıştır. *B. lactis* için %0,50 ksantan gam içeren besi ortamında üretilen propiyonik asit miktarının pozitif kontrol olan glikozdan sonra ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir. *Lb. casei* için ise %0,25 ksantan gam içeren besi ortamında üretilen propiyonik asit miktarının glikozdan sonra ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Her iki bakteri de ksantan gam içeren besi ortamlarında inuline göre daha fazla propiyonik asit üretmişlerdir. *Lb. casei*'nin glikoz harici diğer besi ortamlarında *B. lactis*'e göre daha fazla miktarda propiyonik asit ürettiği belirlenmiştir ($p < 0,01$).

Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) tarafından yapılan çalışmada salep tozu içeren ortamda propiyonik asit miktarları 0,01 g/L (*B. longum*) ile 0,13 g/L (*B. lactis*) arasında bulunmuştur. *Bifidobacterium* türleri arasında en yüksek propiyonik asit değeri salep tozu içeren ortamlarda bulunan *B. lactis*'te gözlenmiştir. Eroğlu (2019), %1 stevia içeren

ortamda 48 saatlik fermentasyon sonunda *B. lactis* tarafından üretilen propiyonik asit miktarını 0,007 g/L olarak saptamıştır.

Çalışmada elde edilen propiyonik aside ait bulguların, Eroğlu (2019)'dan daha yüksek olduğu, Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Bütirik Asit: Bağırsaklarda gerçekleşen anaerobik prebiyotik fermentasyonunun bir ürünü olan bütirik asit, memeli hayvanlardan elde edilen sütlerin bileşiminde de doğal olarak bulunmaktadır. Orta kuvvette bir asit olan bütirik asit bağırsak epitel hücrelerinin enerji kaynağı olup kolonda epitel hücrelerin çoğalmasına ve farklılaşmasına etki etmektedir. Crohn hastalığı ve kolorektal kanser gibi pek çok bağırsak hastalığının tedavisinde olumlu etkilere sahip olduğu, oksidatif stresi azaltabildiği, bağırsak bariyer fonksiyonunu ve kolon sağlığını iyileştirebildiği birçok çalışmada bildirilmektedir (Immerseel ve ark. 2005, Wong ve ark. 2006, Fung ve ark. 2012, Pessione ve Cirrincione 2015).



^a; Küçük harfler bir bakterideki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)

^A; Büyük harfler substratın iki bakteri türündeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.11. 48 saatlik fermentasyon sonunda farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bütirik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri

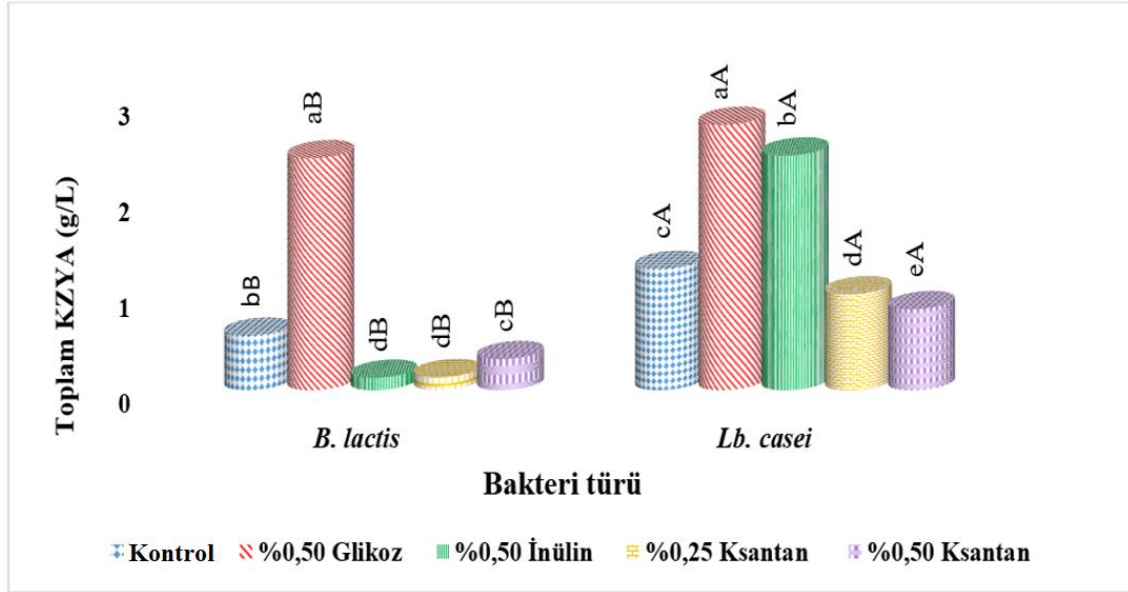
Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda bakteri türleri tarafından üretilen bütirik asit miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri Şekil 4.11’de verilmiştir. *B. lactis* için en yüksek bütirik asit değeri karbonhidrat içermeyen ortamda (negatif) belirlenirken bu ortamı glikoz ve %0,50 ksantan gam içeren örnekler izlemiştir. *Lb. casei*’de ise glikoz ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarındaki bütirik asit değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bakteri türleri incelendiğinde ise ksantan gam içeren ortamlarda *B. lactis*’in *Lb. casei*’ye göre daha fazla bütirik asit ürettiği saptanmıştır. Her iki bakteriye ait bütirik asit değerleri incelendiğinde ise ksantan gam oranı arttıkça üretilen asit miktarının da artış gösterdiği de saptanmıştır ($p<0,01$). Her iki bakteri için de en düşük bütirik asit miktarının %0,50 inulin içeren besi ortamına ait olduğu belirlenmiştir.

Usta-Görgün ve Yılmaz-Ersan (2019) tarafından yapılan çalışmada *Bifidobacterium* türleri ve substrat çeşidinin bütirik asit değerlerini etkilediği, salep tozu içeren ortamlarda bütirik asit değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Salep tozu içeren ortamlarda *B. lactis* en yüksek asit değerine sahipken, glikoz içeren ortamlarda *B. bifidum* ve *B. lactis*’in bütirik asit değerleri daha düşük bulunmuştur. Eroğlu (2019) %1 stevia katkılı besi ortamında 48 saatlik fermantasyon sonunda *B. lactis* tarafından üretilen bütirik asit miktarının 0,031 g/L olduğunu saptamıştır.

Toplam KZYA: KZYA’lar glikolitik yolla spesifik enzimlere sahip farklı bakteri türleri tarafından üretilmekte ve her bakteri türü KZYA ürünlerinin kendine özgü karakteristik profiline sahip olduğundan bunlar genellikle türlerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. *Bifidobacterium* türleri fruktoz-6-fosfat fosfoketolaz (F6PPK) varlığında pentoz fosfat yolunu kullanarak esas olarak asetik ve laktik asit üretirken, *Lactobacillus* türleri glikolitik yoldaki karbonhidratların fermantasyonu sonucu heterofermantasyon koşullarında fosfoketolaz yolu ile piruvat üretebilmektedir. KZYA üretimi kolonda bulunan mikroorganizmaların türü ve sayısı, substratların kimyasal yapısı ve kaynağı ile bağırsak geçiş süresi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Toplam KZYA’ların üretim miktarı, potansiyel prebiyotik bileşenleri kullanan mikroorganizmaların fermantasyon

kapasitesini değerlendirmek için önemli bir parametredir (Cronin ve ark. 2011, Boets ve ark. 2015, Parra-Matadamas ve ark. 2015, Ciarlo ve ark. 2016).

Belirli bir zamanda mikrobiyota tarafından üretilen asetik, propiyonik ve bütirik asit miktarları hesaplanarak elde edilen değer toplam KZYA miktarını belirtmektedir ($T_{KZYA} = A + B + P$).



^a; Küçük harfler bir bakterideki substratlar arası istatistiksel olarak farklı grupları belirtmektedir ($p < 0.01$)
^A; Büyük harfler substratın iki bakteri türündeki istatistiksel olarak farklı gruplarını belirtmektedir ($p < 0.01$)

Şekil 4.12. 48 saatlik fermantasyon sonunda farklı substratlar içeren besi ortamındaki toplam KZYA miktarları (g/L) ve istatistiksel değerlendirmeleri

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda bakteri türleri tarafından üretilen toplam KZYA miktarları (g/L) ve istatistiksel analiz sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir. Uygulanan LSD testi sonuçlarına göre; her bakteri için tüm çeşitlerin istatistiki olarak farklı gruplara dahil olduğu ve bu gruplar içerisinde en yüksek toplam KZYA değerinin glikoz örneğine ait olduğu belirlenmiştir. *B. lactis* için glikozu, negatif ve %0,50 ksantan gam içeren örnekler izlemiştir. *Lb. casei*’de ise ksantan gam içeren örneklerin en düşük toplam KZYA değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bakteri türleri incelendiğinde ise *Lb. casei* tarafından tüm substrat ortamlarında daha fazla KZYA üretildiği saptanmıştır ($p < 0,01$).

Çizelge 4.13. Laktik asit ve kısa zincirli yağ asitlerine ait substrat türleri, bakteri türleri ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları

Substrat	N	Laktik Asit	Asetik Asit	Propiyonik Asit	Bütirik Asit	Toplam KZYA
Kontrol	4	11,180 ^a	0,493 ^c	0,009 ^c	0,412 ^a	0,995 ^c
%0,50 Glikoz	4	2,055 ^e	2,177 ^a	0,244 ^a	0,161 ^b	2,582 ^a
%0,50 İnulin	4	3,568 ^b	1,233 ^b	0,008 ^c	0,417 ^a	1,658 ^b
%0,25 Ksantan gam	4	2,075 ^d	0,485 ^c	0,018 ^b	0,088 ^c	0,591 ^d
%0,50 Ksantan gam	4	2,110 ^c	0,401 ^d	0,021 ^b	0,160 ^b	0,582 ^d
Bakteri türleri						
<i>B. lactis</i>	10	2,769 ^b	0,463 ^b	0,091 ^a	0,158 ^b	0,712 ^b
<i>Lb. casei</i>	10	5,626 ^a	1,452 ^a	0,029 ^b	0,187 ^a	1,668 ^a
ANOVA						
Substrat		**	**	**	**	**
Bakteri türleri		**	**	**	**	**
Substrat x Bakteri türü		**	**	**	**	**
* Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** p<0,01; * p<0,05.						

Laktik asit ve kısa zincirli yağ asitlerine ait substrat türleri, bakteri türleri ve bunlar arasındaki interaksyonu belirten varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Tüm varyasyon kaynakları ve aralarındaki interaksyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01). Asetik asit, propiyonik asit ve toplam KZYA miktarı en yüksek glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. En yüksek laktik asit miktarı karbonhidrat içermeyen ortamda (negatif kontrol), bütirik asit miktarı ise inülin içeren ortamda saptanmıştır. Ksantan gam içeren besi ortamlarının laktik asit değerleri pozitif kontrol olan glikoz içeren ortama göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ksantan gam içeren örneklerin propiyonik ve bütirik asit miktarlarının da inuline göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Propiyonik asit harici diğer tüm asit değerlerinin *Lb. casei*'ye ait örneklerde daha yüksek olduğu saptanmıştır (p<0,01). KZYA miktarı prebiyotik substratın yapısına ve probiyotik bakteri türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda da hem kullanılan bakteri türlerine hem de farklı substrat türlerine bağlı olarak üretilen KZYA miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

4.2. Ksantan Gam ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurt Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

4.2.1. Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Probiyotik kültür içeren fermente süt ürünlerinin arzu edilen fonksiyonel özellikleri gösterebilmeleri için yeterli sayıda mikroorganizmayı içermeleri ve bu sayıyı raf ömrü süresince korumaları gerekmektedir. Yoğurt üretiminde fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla kullanılan probiyotik bakterilerden özellikle *Bifidobacterium* türleri sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı en sık kullanılan probiyotik mikroorganizmalardır. Üzerinde en fazla çalışma yapılan *Bifidobacterium* türlerinden biri olan *B. lactis*, asit ve oksijen toleransı özelliğinden dolayı fermente süt ürünleri üretiminde en fazla tercih edilen suştur (Akalin ve ark. 2007, Sergen 2010, Seçkin ve Baladura 2011, Akalin ve ark. 2012, Çevik 2013).

Ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin depolama süresince *B. lactis* ve *Lb. casei* sayısındaki (\log_{10} kob/g) değişim Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çizelgede belirtildiği üzere örneklerdeki *B. lactis* sayısı 8,05 ile 9,70 \log_{10} kob/g arasında değişmekte olup, en düşük *B. lactis* sayısı depolamanın 28. gününde ve en yüksek *B. lactis* sayısı depolamanın 7. gününde ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneğinde (BLG) saptanmıştır. Depolama süresince *B. lactis*'in canlılığı incelendiğinde ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneğinde (%86,56) *B. lactis* sayısındaki değişimin kontrol örneğine (%87,82) göre daha az olduğu saptanmıştır. Örneklerdeki *Lb. casei* sayısı 9,47 ile 10,10 \log_{10} kob/g arasında değişmiştir. En düşük *Lb. casei* sayısı depolamanın 1. gününde ve en yüksek *Lb. casei* sayısı depolamanın 7. gününde ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneğinde (LCG) saptanmıştır. *Lb. casei*'nin depolama süresince % canlılık oranının artış gösterdiği saptanmıştır. Bu artışın ksantan gam içeren örnekte (LCG; %102,01) daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında ksantan gamın probiyotik yoğurt örneğinde *Lb. casei* gelişimini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. *Bifidobacterium* türleri, fermantasyon koşulları, ürününün kompozisyonu ve asitliği ile düşük redoks potansiyeli gibi faktörlerden *Lactobacillus* türlerine göre daha fazla etkilenmektedir (Kailsapathy ve Rybka 1997).

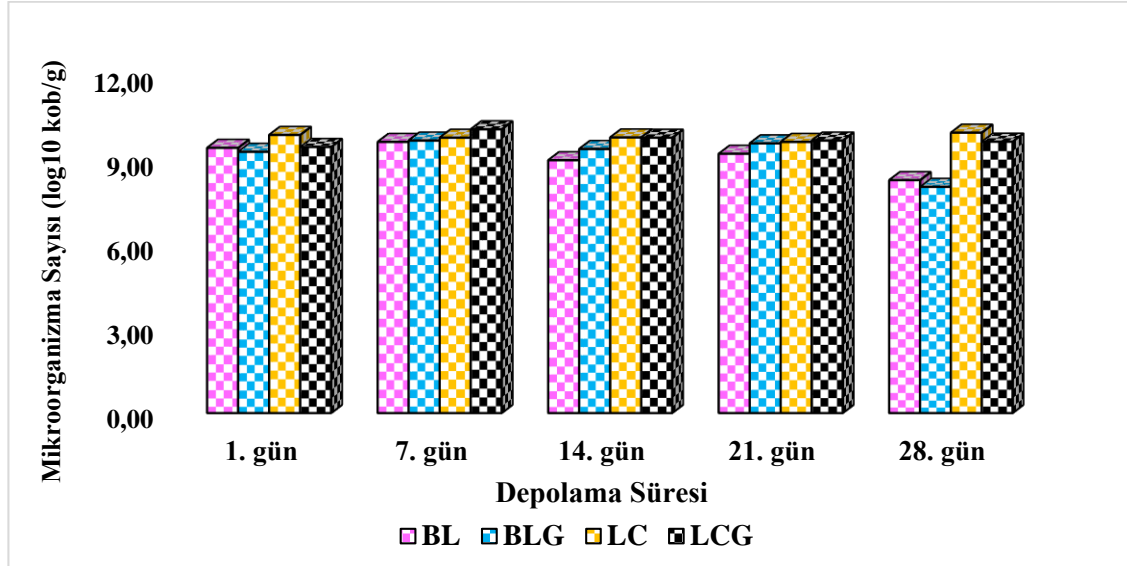
Tüm bu faktörlerin etkisi nedeni ile çalışmada depolama süresince *B. lactis* sayısında azalma olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.14. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince *B. lactis* ve *Lb. casei* sayılarındaki değişim (\log_{10} kob/g)

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	9,44	9,30	9,90	9,47	9,30	9,90	9,53
7. gün	9,65	9,70	9,80	10,10	9,65	10,10	9,81
14. gün	9,00	9,40	9,81	9,80	9,00	9,81	9,50
21. gün	9,23	9,60	9,65	9,70	9,23	9,70	9,55
28. gün	8,29	8,05	9,98	9,66	8,05	9,98	9,00
En Düşük	8,29	8,05	9,65	9,47			
En Yüksek	9,65	9,70	9,98	10,10			
Ortalama	9,12	9,21	9,83	9,75			
% Canlılık	87,82	86,56	100,81	102,01			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Şekil 4.13'te probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince *B. lactis* ve *Lb. casei* sayılarının değişimi (\log_{10} kob/g) verilmiştir.



Şekil 4.13. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince *B. lactis* ve *Lb. casei* sayılarının değişimi (\log_{10} kob/g)

Çizelge 4.15'te verilen probiyotik yoğurt örneklerinin *B. lactis* ve *Lb. casei* sayısındaki değişime ait varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, örnek çeşidi ile örnek çeşidi ve depolama süresi interaksyonu örneklerin bakteri sayıları arasındaki farklılık açısından önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Depolama süresinin *B. lactis* için istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. LSD testi sonuçlarına göre örneklerin *B. lactis* sayılarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadığı ve her iki probiyotik yoğurt örneğinin aynı grupta yer aldığı saptanmıştır. Probiyotik yoğurt örneklerinin *B. lactis* sayısındaki değişime depolama süresinin etkisi incelendiğinde; en yüksek mikroorganizma sayısı 7. günde 9,68 log₁₀ kob/g olarak saptanmış ve depolama süresince en düşük mikroorganizma sayısı 8,17 log₁₀ kob/g ile 28. günde tespit edilmiştir ($p<0,01$). *Lb. casei* sayısındaki değişime ilişkin LSD testi sonuçlarına göre örneklerin ve depolama sürelerini aynı grupta yer aldığı saptanmıştır ($p>0,05$; Çizelge 4,15).

Çizelge 4.15. Probiyotik yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Örnek Çeşidi	N	<i>B. lactis</i>	<i>Lb. casei</i>
BL	10	9,21 ^a	-
BLG	10	9,12 ^a	-
LC	10	-	9,83 ^a
LCG	10	-	9,75 ^a
Depolama Süresi (gün)			
1.gün	4	9,37 ^a	9,68 ^a
7. gün	4	9,68 ^a	9,95 ^a
14. gün	4	9,20 ^a	9,80 ^a
21. gün	4	9,42 ^a	9,68 ^a
28.gün	4	8,17 ^b	9,82 ^a
ANOVA			
Örnek Çeşidi		önemsiz	önemsiz
Depolama Süresi		**	önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		önemsiz	önemsiz

** Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** $p<0,01$; * $p<0,05$

Gamların *Lactobacillus* suşlarının sayısı üzerindeki olumlu etkisi, asit ve enzimatik hidroliz sonucu tamponlama kapasitesine ve kimyasal yapılarına göre değişkenlik göstermektedir (Al-Ghazzewi ve ark. 2007). Ayrıca, gamlar süt ürünlerine ilave edildiklerinde, peynir altı suyu proteinleri ve gamlar arasında çapraz bağlanma sonucu jel oluşumu gerçekleşmektedir. Oluşan bu jel ortamdaki suyu bağlayarak, suyun bakteriler

üzerindeki olumsuz etkisini azaltarak, depolama süresince canlılığının korunmasını sağlamaktadır (Karlton-Senaye ve ark. 2015a).

El-Sayed ve ark. (2002), ksantan gamın ve farklı oranlardaki diğer gamlarla karışımlarının yoğurt ve soya yoğurdunun mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, laktik asit bakterilerinin canlılıklarının depolama süresi sonunda tüm yoğurt örneklerinde azaldığını belirlemişlerdir. Ksantan gamın tek başına ya da diğer gamlarla birlikte kullanıldığında, LAB sayısı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı ve depolama süresince soya yoğurt örneklerinin LAB sayısındaki değişimin, ksantan gam kullanımından etkilenmediği saptanmıştır.

Bahrami ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada %0,05, %0,1, %0,2 ve %0,3 oranlarında kullanılan ksantan gam, beta-glukan ve guar gamın probiyotik yoğurt üzerindeki etkisi incelenmiştir. Örnekler arası probiyotik bakterilerin hücre sayıları arasında anlamlı ($p>0,05$) fark bulunmadığı, tüm örneklerin terapötik etki için gerekli olan sayıdan daha fazla sayıda bakteri içerdiği tespit edilmiştir.

Buzdolabında depolanan sütte *Lactobacillus* türlerinin canlılığı ve β -galaktosidaz aktivitesi üzerine gamların etkisinin incelendiği çalışmada, üç farklı *Lactobacillus* suşunun gelişimi üzerinde gamların etkisi 37°C'de 12 saatlik inkübasyon süresince incelenmiştir. Ksantan gam ilavesinin *Lb. rhamnosus* GG B103 sayısında artış sağladığı ve kontrol örneği ($7,49\pm 0,01$ log kob/ mL) ile karşılaştırıldığında en yüksek ($8,31\pm 0,01$ log kob/ mL) bakteri sayısına ulaştığı saptanmıştır. Ksantan gam, karragenan ve keçiyoynuzu gamının 37°C'de 12 saat inkübasyon süresince *Lb. rhamnosus* GG B103, *Lb. rhamnosus* GG B101 ve *Lb. reuteri* DSM20016 suşlarının gelişimini teşvik ettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, bakteriyel gelişimin kullanılan suşa ve gam çeşidine bağlı olduğu bildirilmiştir (Karlton-Senaye ve ark. 2015b).

İran'a ait yoğurt içeceğinde (bio-doogh) yabancı kekik özü ve ksantan gamın *Bifidobacterium lactis* canlılığı üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, depolama süresinin, ksantan gam konsantrasyonunun ve bunların karşılıklı etkilerinin bakterinin canlılığı üzerinde önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). *Bifidobacterium* sayısının,

%0,075 ksantan gam ilavesiyle önemli ölçüde arttığı, ancak ksantan gamın bu miktardan daha fazla arttırılmasının önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. 45 günlük depolama süresince ise bakteri sayısının önemli ölçüde azaldığı ve en düşük bakteri sayısının gam içermeyen kontrol örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir (Ziaolhagh ve Jalali 2017).

Tamime ve ark. (2005), probiyotik gıdaların sağlık üzerine olumlu etki gösterebilmesi için depolama süresince ürünün en az 10^6 kob/g canlı mikroorganizma içermesi, beklenen terapötik etkinin görülebilmesi için de üründe günlük alınması gereken miktarın 10^8 - 10^9 kob/g olması gerektiğini belirtmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde toplam spesifik mikroorganizmanın en az 10^7 kob/g, etikette belirtilen toplam ilave mikroorganizmanın ise 10^6 kob/g olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 2009). Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği Ek-2'de yer alan "Hastalık Riskinin Azaltılmasına, Çocukların Gelişimi ve Sağlığına İlişkin Beyanlar Dışındaki Sağlık Beyanları Listesi"nde gıdanın probiyotik olarak nitelendirilmesi için en az 1.0×10^6 kob/g canlı probiyotik mikroorganizma içermesi gerektiği ifade edilmektedir (Anonim 2017b). Bu çalışmada, 28 gün depolama sonunda probiyotik yoğurt örneklerindeki her iki mikroorganizma sayısının yönetmeliklerde istenen değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır.

4.2.2. Fiziko-kimyasal analiz sonuçları

Titrasyon asitliği: Titrasyon asitliği, fermente süt ürünlerinde sütün doğal asitliği ile birlikte bakterilerin faaliyetleri sonucu üretilen laktik asit ve diğer organik asitlerin miktarı hakkında bilgi vermekte olan önemli bir parametredir. Ayrıca fermantasyon sırasında oluşan laktik asit yoğurda özgü tat ve aromanın oluşması, duyuşal özelliklerin geliştirilmesi ve raf ömrü üzerinde de etkilidir. Yoğurtta tat-koku profilini oluşturan titrasyon asitliği değerlerinin belirli sınırlar içerisinde kalması gerekmekte, sınır değerleri aşıldığında yoğurtlarda yavanlık, aroma eksikliği veya aşırı asidik tat oluşumu gibi çeşitli kusurlar görülmektedir (Sanz ve ark. 2008, Anonim 2009, Senaka-Ranadheera ve ark. 2012).

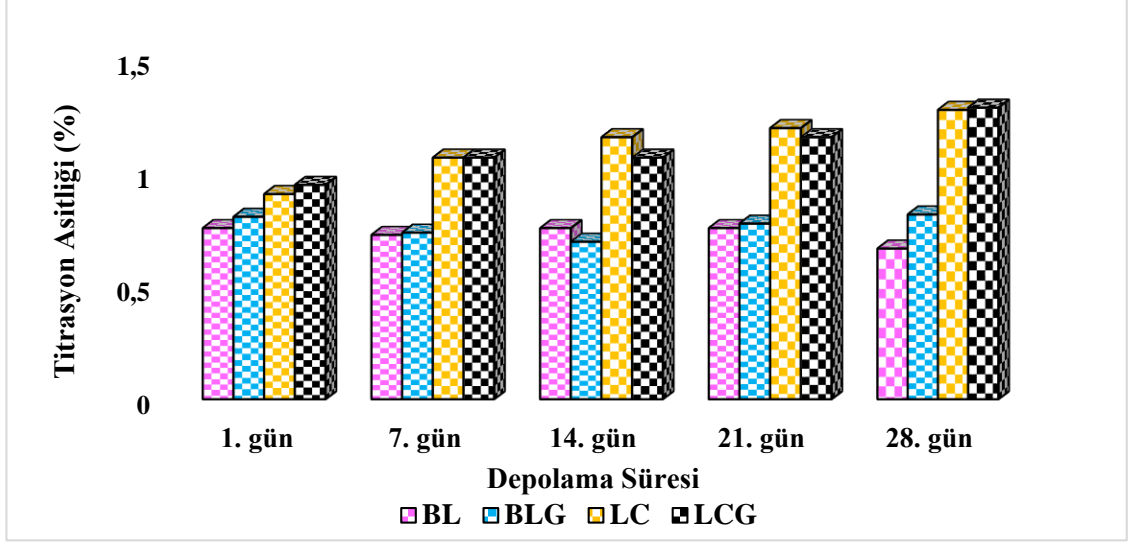
Probiyotik yoğurt örneklerinin laktik asit cinsinden ortalama % titrasyon asitliği değerlerinin değişimi Çizelge 4.16’da verilmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde ortalama en düşük asitlik değeri %0,74 ile BL (kontrol *B. lactis*) örneğinde ortalama en yüksek asitlik değeri %1,12 ile LC (kontrol *Lb. casei*) örneğinde tespit edilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince en düşük ve en yüksek % titrasyon asitliği değerleri %0,67 ile %1,29 arasında değişmiştir. Ortalama % titrasyon asitliği değerleri depolama süresince artmış ve en yüksek değer %1,01 ile 28. günde saptanmıştır. Türk Gıda Kodeksi-Fermente Sütler Tebliği’nde (16.02.2009 tarih ve 27143 Sayılı, Tebliğ No:2009/25) ek kültür içeren fermente yoğurtlarda laktik asit cinsinden asitliğin %0,6 ile %1,5 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2009). Yapılan çalışma sonucu elde edilen titrasyon asitliği değerlerinin tüm yoğurt çeşitlerinde Tebliğ’e uygun olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.16. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği (%) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	0,76	0,81	0,91	0,95	0,76	0,95	0,86
7. gün	0,73	0,74	1,07	1,05	0,73	1,07	0,90
14. gün	0,76	0,70	1,16	1,07	0,70	1,16	0,92
21. gün	0,76	0,78	1,20	1,16	0,76	1,20	0,98
28.gün	0,67	0,82	1,28	1,29	0,67	1,29	1,01
En Düşük	0,67	0,70	0,91	0,95			
En Yüksek	0,76	0,82	1,28	1,29			
Ortalama	0,74	0,77	1,12	1,10			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Şekil 4.14’te probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği (%) değerlerinin değişimi verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde *Lb. casei* kültürü içeren probiyotik yoğurtların asitlik değerleri ve bu kültürün asitlik oluşturma aktivitesinin *B. lactis* kültürü içeren probiyotik yoğurt örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.14. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince titrasyon asitliği (%) değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleriyle ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre probiyotik yoğurt örneklerinin örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi ile depolama süresi interaksiyonunun titrasyon asitliği üzerine etkisinin istatistiksel bakımdan $p < 0,01$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Titrasyon asitliği değerleri bakımından probiyotik yoğurt örnekleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan LSD testi sonuçlarına göre; *B. lactis* kültürü içeren BL ve BLG örneklerinin farklı gruplarda olduğu, *Lb. casei* kültürü içeren LC ve LCG örnekleri arasında ise önemli bir farklılığın bulunmadığı saptanmıştır. Ortalama titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında en yüksek titrasyon asitliği LC örneğinde, en düşük titrasyon asitliği değeri ise BL örneğinde tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince düzenli olarak artış gösterdiği ve bu değerlerin %0,86 ile 1,02 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Gamların ve protein katkılarının dondurulmuş yoğurdun fiziksel ve duyu özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada guar gam, ksantan gam, karboksimetilselüloz ve yağsız süt tozu ile peynir altı suyu tozu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan gamların iyon dengesi üzerinde etkisi olabilecek nötr (ksantan ve guar gam) ve anyonik (CMC) özellikte olmasına rağmen, örneklerin asitliğini etkilemediği belirtilmiştir (Soukoulis ve Tzia 2008).

Karlton-Senaye ve ark. (2015b) tarafından buzdolabında depolanan sütte *Lactobacillus* türlerinin canlılığı ve β -galaktosidaz aktivitesi üzerine gamların etkisinin incelendiği çalışmada; kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *Lb. reuteri* SD2112 suşları hariç gam içeren süt örneklerinde titrasyon asitliği değerlerinde önemli ($p<0,05$) farklılıklar gözlenmiştir.

Ziaolhagh ve Jalali (2017), içilebilir yoğurtta yabancı kekik özü ve ksantan gamın *Bifidobacterium lactis* canlılığı üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, %0,075 ve %0,15 ksantan gam içeren örneklerin asitliğinin depolama süresince (45 gün) önemli ölçüde arttığı saptanmıştır.

Serum ayrılması: Serum ayrılması tekstürel özelliklerin belirlenmesinde önemli bir faktör olup yoğurtta pıhtı stabilitesi üzerinde etkilidir. Herhangi bir dış etki olmaksızın protein ağının üç boyutlu yapısının büzülmesi sonucu jel yapısında belirlenen su veya bir asit jelin suyunu salması “serum ayrılması ya da sineresiz” olarak tanımlanmaktadır. Yoğurt yüzeyinde serum birikmesi veya peynir altı suyu şeklinde gözlenen yoğurda ait temel kusurlarından biridir. Isıl işlem, homojenizasyon, kullanılan katkı maddeleri, fermantasyon, serum proteinlerinin denatürasyonu, yoğurdun soğutma sıcaklığı ve asitliği gibi faktörler serum ayrılması üzerinde etkilidir (Zhang ve ark. 2012, Bahrami ve ark. 2013, Bakırcı ve ark. 2015, Varelzis ve ark. 2016).

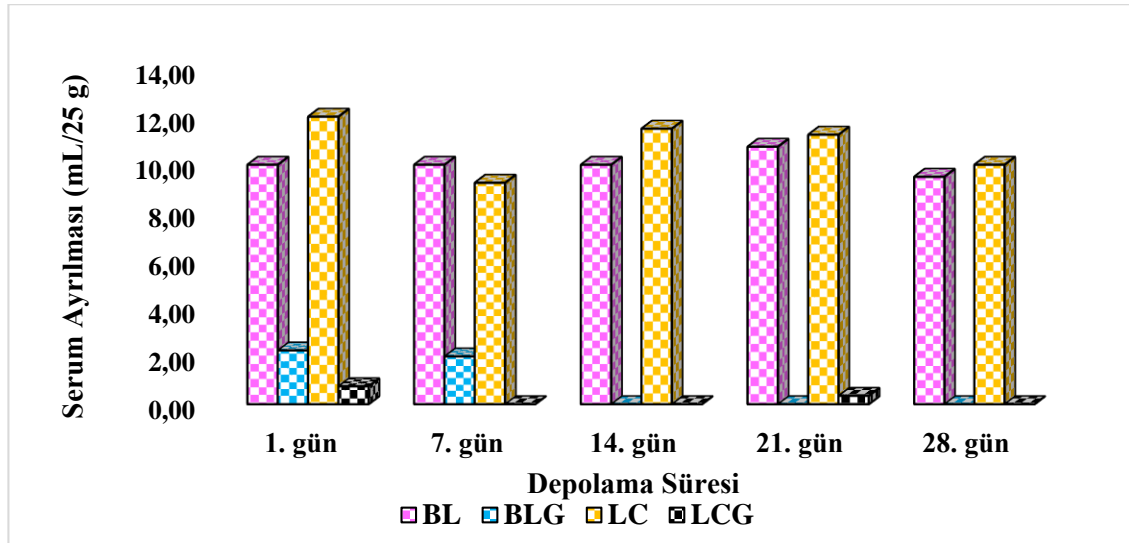
Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması (mL/25 g) değerlerinin değişimi Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgedeki sonuçlar incelendiğinde serum ayrılması değerlerinin 0,00 (mL/25 g) ile 12,00 (mL/25 g) arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Ortalama en yüksek serum ayrılması değeri (10,80 mL/25 g) LC örneğinde tespit edilirken en düşük (0,22 mL/25 g) serum ayrılması değeri LCG örneğinde saptanmıştır. Depolama süresince ortalama serum ayrılması değerlerinin 4,87 mL/25 g ile 6,25 mL/25 g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması (mL/25 g) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	10,00	2,25	12,00	0,75	0,75	12,00	6,25
7. gün	10,00	2,00	9,25	0,00	0,00	10,00	5,31
14. gün	10,00	0,00	11,50	0,00	0,00	11,50	5,37
21. gün	10,75	0,00	11,25	0,35	0,00	11,25	5,59
28.gün	9,50	0,00	10,00	0,00	0,00	10,00	4,87
En Düşük	9,50	0,00	9,25	0,00			
En Yüksek	10,75	2,25	12,00	0,75			
Ortalama	10,05	0,85	10,80	0,22			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerlerinin değişimi Şekil 4.15'te verilmiştir. Depolamanın 7. ve 28. gününde ortalama serum ayrılması değeri azalırken, 14. ve 21. günlerde düzenli artış sağladığı görülmektedir.



Şekil 4.15. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerlerindeki değişime ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre; örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi ile depolama süreleri interaksiyonu açısından serum ayrılması değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek serum ayrılması değeri 10,80 mL/25g ile LC örneğinde bulunurken, en düşük

serum ayrılması değeri 0,22 mL/25g ile LCG örneğinde tespit edilmiştir. Ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneklerinde (BLG-LCG) ortalama serum ayrılması değerleri kontrol grubu örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Ksantan gam ilavesinin probiyotik yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerlerini yüksek oranda azalttığı belirlenmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinde en yüksek serum ayrılması değeri depolamanın 1. gününde 6,25 mL/25g olarak, en düşük serum ayrılması değeri depolamanın 28. gününde 4,88 mL/25g olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve serum ayrılması (mL/25g) değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Titrasyon Asitliği	Serum ayrılması (mL/25 g)
BL	15	0,74 ^c	10,05 ^b
BLG	15	0,77 ^b	0,85 ^c
LC	15	1,13 ^a	10,80 ^a
LCG	15	1,10 ^a	0,22 ^d
Depolama Süresi (gün)			
1.gün	12	0,86 ^d	6,25 ^a
7. gün	12	0,90 ^c	5,31 ^b
14. gün	12	0,93 ^c	5,38 ^b
21. gün	12	0,98 ^b	5,59 ^b
28.gün	12	1,02 ^a	4,88 ^c
ANOVA			
Örnek Çeşidi		**	**
Depolama Süresi		**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**

** Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** p<0,01; *p<0,05

El-Sayed ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada ksantan gam veya karışımlarının, depolama süresince yoğurt ve soya yoğurdunun çeşitli özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ksantan gam içermeyen yoğurtlarda sineresiz oranında bir artış gözlenirken, ksantan gam veya karışımlarının ilave edilmesiyle sineresize yakınlık azalmıştır. Depolama süresince %0,005 oranında ksantan gam içeren soya yoğurdu sineresize karşı yüksek direnç göstermiştir.

Everett ve McLeod (2005) tarafından yapılan çalışmada düşük-metoksilli pektin (0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 ve 5,0 g/L), karragenan (0,5; 3,0, ve 5,0 g/L), guar gam (0,5; 1,0; 2,0; 3,0;4,0 ve 5,0 g/L), keçiboynuzu gamı (0,5; 1,0 ve 5,0 g/L) ve ksantan gam (0,5; 1,0; 3,0 ve 5,0 g/L) kullanılan stirred tipi yoğurtta stabilizasyon mekanizmaları ve su tutma kapasitesi incelenmiştir. Ksantan gam içeren yoğurdun su tutma kapasitesi, diğer dört stabilizatörlere kıyasla değişmeden kalmıştır.

Bahrami ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada çeşitli oranlarda (%0,05; %0,1; %0,2 ve %0,3) kullanılan gamların probiyotik yoğurt üzerindeki etkisi incelenmiştir. %0,2 (%0,05; %0,1 ve %0,2) oranına kadar ksantan gam kullanımında örneklerde sineresiz azalmış daha sonra artış göstermiştir. Hidrokolloidlerin hidrofilik özellikleri nedeniyle su molekülleri ile bağlantı kolaylaşmakta ve böylece suyu bağlama kapasitesini arttırmaktadır. Bu nedenle ksantan gam kullanımı yoğurtta sinerezisi azaltırken, su tutma kapasitesini arttırmıştır. %0,1 ksantan gam içeren yoğurtların en yüksek su tutma kapasitesi ve en düşük sineresize sahip olduğu belirlenmiştir.

Yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinde, farklı protein kaynakları, nişasta ve hidrokolloidlerin kullanımının toplam kuru madde miktarını arttırdığı için, ürünün su tutma kapasitesini olumlu yönde etkileyerek su salmayı engellediği birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Lucey 2002, Sodini ve ark. 2004, Peng ve ark. 2009).

L* değeri: Gıdanın yüzey görünümü ve rengi tüketimden önceki ürün kabulü aşamasında kritik öneme sahip olup gıda sektöründe ilk kalite kontrolü sayılmaktadır. Tüm gıdalarda renk değerleri iç doku ve yüzey görünümünde bulunan pigmentlerle ilişkili olup bu renk değerlerinin nicel analizi, enstrümental yöntemler arasında yer alan L*, a*, b* değerlerinin kullanıldığı kolorimetrik yöntem ile belirlenmektedir. Bu yöntemde L* değeri (0 ile 100 arası) ile koyuluktan parlaklığa değişim, a* değeri (-120 ile 120 arası) ile yeşilden kırmızıya değişim, b* değeri (-120 ile 120 arası) ile de maviden sarı renge değişim ifade edilmekte ve bu değerler üç boyutlu koordinat sisteminde gösterilmektedir (Leon ve ark. 2006).

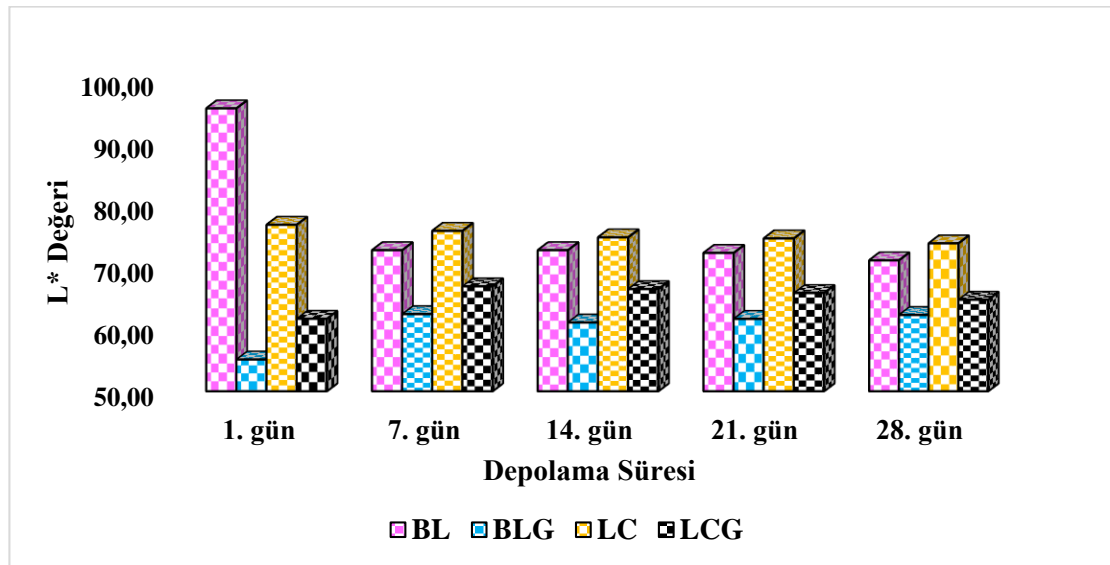
Depolama süresince yapılan renk analizleri sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin L* değerlerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.19’da verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince en düşük L* değeri 55,11 ile BLG örneğinde, en yüksek L* değeri ise 95,51 ile BL örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama L* değerleri 67,96 ile 72,26 arasında değişmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince L* değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	95,51	55,11	76,78	61,65	55,11	95,51	72,26
7. gün	72,69	62,40	75,80	66,87	62,40	75,80	69,44
14. gün	72,69	61,06	74,76	66,43	61,06	74,76	68,73
21. gün	72,25	61,64	74,59	65,80	61,64	74,59	68,57
28.gün	71,06	62,27	73,79	64,71	62,27	73,79	67,96
En Düşük	71,06	55,11	73,79	61,65			
En Yüksek	95,51	62,40	76,78	66,87			
Ortalama	78,84	60,50	75,14	65,09			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama boyunca L* değerlerinin değişimi Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.16. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince L* değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin L* değerlerindeki değişime ilişkin yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi ile depolama süresi interaksiyonu arasındaki farklılığın $p < 0,01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. LSD testi sonuçlarına göre probiyotik yoğurt çeşitlerinin tümünün farklı gruplarda yer aldığı tespit edilmiştir. En yüksek L* değeri BL örneğinde, en düşük L* değeri BLG örneğinde saptanmıştır. Ksantan gam ilavesinin her iki yoğurtta da parlaklık değerini azalttığı saptanmıştır. Depolama süreleri olara en yüksek ortalama L* değerinin 1. günde saptandığı ve depolama süresince örneklerin L* değerinde azalma olduğu görülmektedir. 14. ve 21. günde ortalama L* değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve aynı grupta yer aldığı saptanmıştır. Peker (2012), farklı oranlarda keçiyoynuzu gamı kullanarak ürettiği az yağlı set tipi yoğurtlarda depolama süresinin sonunda L* değerlerinin azaldığını bildirmiştir.

a* değeri: Renk analizinde a* değeri pozitif iken kırmızı rengi, negatif iken yeşil rengi ifade etmektedir. Koordinat düzleminde merkez renksiz iken merkezden uzaklaştıkça a* değerlerindeki renk ayrımı belirginleşmektedir. Pozitif değerlerin artışı ile kırmızılık, negatif değerlerin artışı ile yeşillik değerlerinde artış gözlenmektedir (Say 2008, Aydemir 2010).

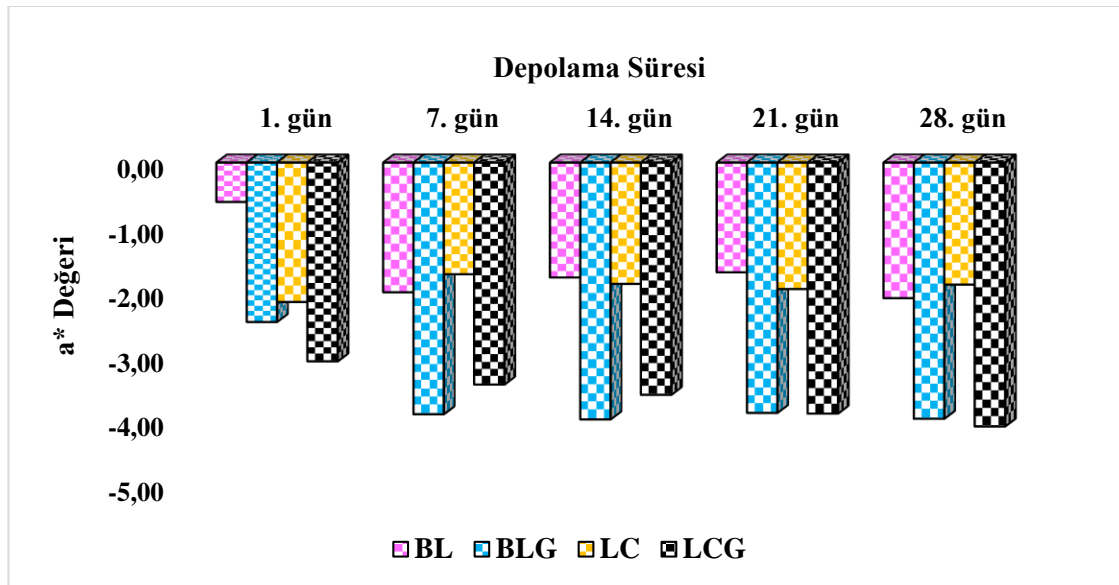
Depolama süresince yapılan renk analizleri sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin a* değerlerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.20’de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde probiyotik yoğurt örneklerinde en düşük a* değeri -0,61 ile BL, en yüksek a* değeri ise -4,09 ile LCG örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama a* değerleri -2,08 ile -3,01 arasında değişmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince a* değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	-0,61	-2,47	-2,16	-3,08	-0,61	-3,08	-2,08
7. gün	-2,01	-3,90	-1,73	-3,44	-1,73	-3,90	-2,77
14. gün	-1,78	-3,98	-1,88	-3,60	-1,78	-3,98	-2,81
21. gün	-1,70	-3,88	-1,96	-3,89	-1,70	-3,89	-2,86
28.gün	-2,10	-3,97	-1,89	-4,09	-1,89	-4,09	-3,01
En Düşük	-0,61	-2,47	-1,73	-3,08			
En Yüksek	-2,10	-3,98	-2,16	-4,09			
Ortalama	-1,64	-3,64	-1,92	-3,62			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince a* değerlerinin değişimi Şekil 4.17’de verilmiştir. Depolama süresince ksantan gam ilaveli probiyotik yoğurtlarda –a*(yeşillik) değerleri artış göstermiştir. *B. lactis* kültürlü ksantan gam içermeyen probiyotik yoğurtlar ile *Lb. casei* kültürlü ksantan gam içermeyen probiyotik yoğurtlardaki a* değerlerinin artış ve azalışı birbiriyle ters orantılı bulunmuştur.



Şekil 4.17. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince a* değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin a* değerlerindeki değişime ilişkin yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre probiyotik yoğurt örneklerinin a* değerleri üzerindeki farklılığın örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi ile depolama süresi interaksiyonuna bağlı olarak $p < 0,01$ düzeyinde istatistiki açıdan önemli olduğu saptanmıştır. En yüksek a* değeri BLG örneğinde, en düşük a* değeri ise BL örneğinde saptanmıştır. Ksantan gam içeren BLG ve LCG yoğurtlarının a* değerlerinin birbirine çok yakın bulunduğu ve kontrol örneklerine göre negatif yönde artış gösterdiği belirlenmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinin a* değerlerindeki değişimin depolama süresine ilişkin LSD testi sonuçların göre en yüksek ortalama a* değerinin 28. günde saptandığı ve a* değerinin depolama süresince arttığı görülmektedir.

b* değeri; Renk analizinde b* değeri pozitif iken sarı rengi, negatif iken mavi rengi ifade etmektedir. Koordinat düzleminde renksiz olan merkezden uzaklaştıkça b* değerlerindeki renk ayrımı belirginleşmektedir. Pozitif değerlerin artışı ile sarı, negatif değerlerin artışı ile mavi rengin değerlerinde artış gözlenmektedir (Say 2008, Aydemir 2010).

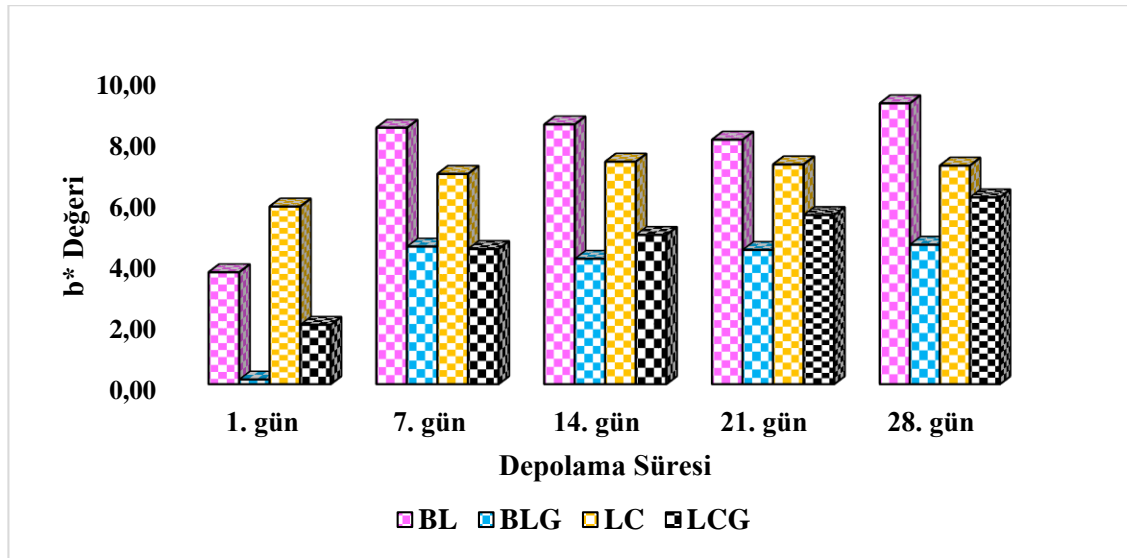
Depolama süresince yapılan renk analizleri sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin b* değerlerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.21.’de verilmiştir. Depolama süresince en düşük b* değeri 0,15 ile BLG örneğinde ve en yüksek b* değeri 9,19 ile BL örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama b* değerleri 2,89 ile 6,75 arasında değişmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince b* değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	3,66	0,15	5,81	1,94	0,15	5,81	2,89
7. gün	8,39	4,50	6,88	4,42	4,42	8,39	6,05
14. gün	8,50	4,10	7,28	4,88	4,10	8,50	6,19
21. gün	8,00	4,39	7,19	5,53	4,39	8,00	6,28
28.gün	9,19	4,56	7,15	6,11	4,56	9,19	6,75
En Düşük	3,66	0,15	5,81	1,94			
En Yüksek	9,19	4,56	7,28	6,11			
Ortalama	7,55	3,54	6,86	4,58			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince b* değerlerinin değişimi Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince b* değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin b* değerlerindeki değişime ilişkin yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre probiyotik yoğurt örneklerinin b* değerleri üzerindeki farklılığın örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi ile depolama süresi interaksiyonuna bağlı olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. En yüksek b* değeri BL örneğinde, en düşük b* değeri BLG örneğinde saptanmıştır. Ksantan gam içeren BLG ve LCG örnekleriyle karşılaştırıldığında BL ve

LC örneklerinde b* değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ksantan gam ilavesinin iki farklı probiyotik kültürü içeren yoğurt örneğinde de b* değerini azalttığı saptanmıştır. Probiyotik yoğurt örneklerinin b* değerlerindeki değişimin depolama süresine ilişkin LSD testi sonuçlarına göre en düşük b* değeri 2,89 olarak 1.günde belirlenmiş olup depolamanın 7,14 ve 21. günü arasında ortalama b* değerlerinin istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Probiyotik yoğurt örneklerinin b* değeri depolama süresince artış göstermiş ve en yüksek ortalama b* değeri 28. günde 6.75 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.22. Probiyotik yoğurt örneklerinin renk değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Örnek Çeşidi	N	L*	a*	b*
BL	15	76,84 ^a	-1,64 ^c	7,55 ^a
BLG	15	60,50 ^d	-3,64 ^a	3,54 ^d
LC	15	75,14 ^b	-1,92 ^b	6,86 ^b
LCG	15	65,09 ^c	-3,62 ^a	4,57 ^c
Depolama Süresi				
1.gün	12	72,26 ^a	-2,08 ^b	2,89 ^c
7. gün	12	69,44 ^b	-2,77 ^a	6,05 ^b
14. gün	12	68,74 ^{bc}	-2,79 ^a	6,19 ^b
21. gün	12	68,57 ^{bc}	-2,88 ^a	6,28 ^b
28. gün	12	67,96 ^c	-3,01 ^a	6,75 ^a
ANOVA				
Örnek Çeşidi		**	**	**
Depolama Süresi		**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		**	**	**

** Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; **p<0,01; *p<0,05

4.2.3. Tekstürel analiz sonuçları

Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinde tekstürel özellikler ürünün kalitesini belirlemesinin yanı sıra tüketici kabul edilebilirliği açısından da önem taşımaktadır. Tekstür profil analizi (TPA) ve back ekstrüzyon testi kombinasyonu yoğurda ait temel tekstür parametrelerinin analizi için kullanılmaktadır. TPA cihazı ile enstrümental tekstür analizinde, mekanik sıkıştırma ile ürün deformasyona uğratılmakta ardından ikinci sıkıştırma ile insan çiğneme hareketi taklit edilerek tekstürel özellikler belirlenmektedir.

Fermente süt ürünlerinde tekstürel özellikler, süt esaslı katı madde içeriği, protein içeriği, ısıl işlem normları, üretim prosesi, kullanılan katkı maddeleri ve starter kültürden etkilenmektedir (zcan 2013).

Sıkılık (firmness; g), tekstür analizi yapılırken örnek içerisine daldırılan probun oluşturduğu en yüksek pozitif kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Sıkılık parametresi belirlenirken ürün mekanik sıkıştırma ile deformasyona uğratıldıktan sonra insan çiğneme hareketi taklit edilerek ikinci sıkıştırma yapılmaktadır. “Pıhtı sıkılığı” olarak da tanımlanan sıkılık parametresi yoğurdun mikro-jel yapısı ile ilişkili olup, tekstürel özelliklerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Izadi ve ark. 2015).

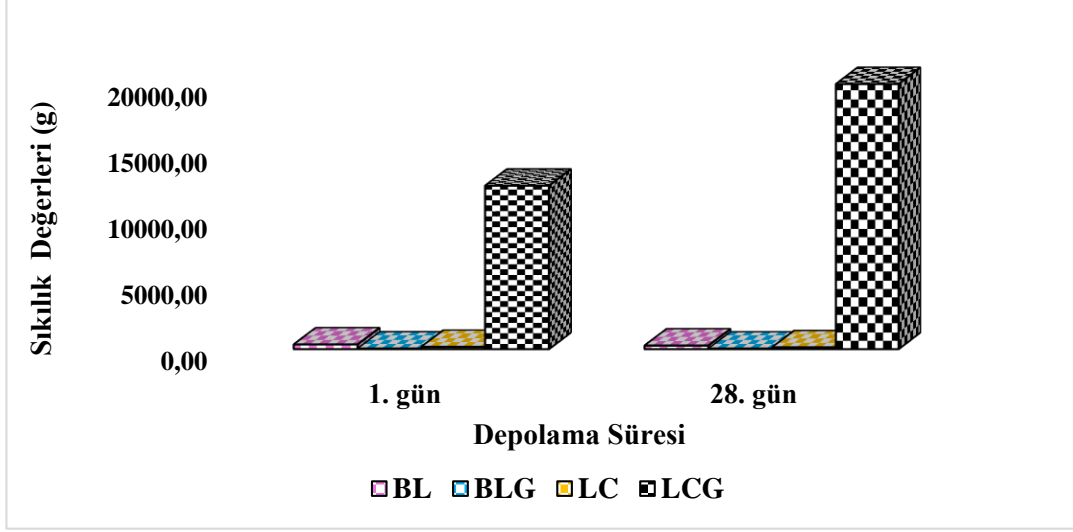
Probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 28. günlerinde yapılan tekstür analizi sonucunda elde edilen sıkılık değerleri izelge 4.23’te verilmiştir. Ortalama en düşük değer (39,05 g) ile BLG eşidi, en yüksek değer (16163,92 g) ise LCG eşidi almıştır. Örneklerin depolama süresince sıkılık değerleri 37,80 g ile 19998,54 g arasında değişmiştir.

Çizelge 4.23. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde sıkılık (firmness; g) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ort.
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	349,40	40,29	163,45	12329,30	40,29	12329,30	3220,61
28. gün	265,87	37,80	134,31	19998,54	37,80	19998,54	5109,13
En Düşük	265,87	37,80	134,31	12329,30	37,80	12329,30	3191,82
En Yüksek	349,40	40,29	163,45	19998,54			
Ortalama	307,64	39,05	148,88	16163,92			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde elde edilen sıkılık (g) değerlerinde görülen değişimler Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde sıklık (firmness; g) değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinde belirlenen sıklık değerlerine ilişkin varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, varyasyon kaynaklarından örnek çeşidi ($p < 0,01$) ile depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonu ($p < 0,05$) sıklık değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. LSD testi sonuçlarına göre, en düşük sıklık değerleri BLG çeşitinde saptanmıştır ($p < 0,01$). Ksantan gam ilavesi *B. lactis* içeren örnekte sıklık değerini azaltırken, *Lb. casei* içeren yoğurt örneğinde arttırmıştır. Farklı depolama sürelerinin sıklık değerleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. ve 28. günlerin istatistiksel olarak aynı gruplarda yer aldığı saptanmıştır ($p < 0,05$).

Bahrami ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ksantan gam, beta-glukan ve ve guar gam ilavesinin yoğurt örneklerinin sıklık değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek sıklık değerleri %0,2 oranında ksantan gam ve %0,3 oranında beta-glukan ilave edilen yoğurt örneklerinde tespit edilmiştir.

Konsistens (gs), bir maddenin tüm reolojik özelliklerini içeren konsistens (gs) değeri, tekstür cihazı ölçümlerinde pozitif eğrinin altında kalan alanın hesaplanması ile belirlenmektedir. Konsistens değeri ürünün yoğunluğu ile ilişkili olup, ürün yüksek konsistens değerine sahip ise kıvamlı bir ürünü ifade etmektedir (Özcan 2013, Yılmaz ve Ersan ark. 2017).

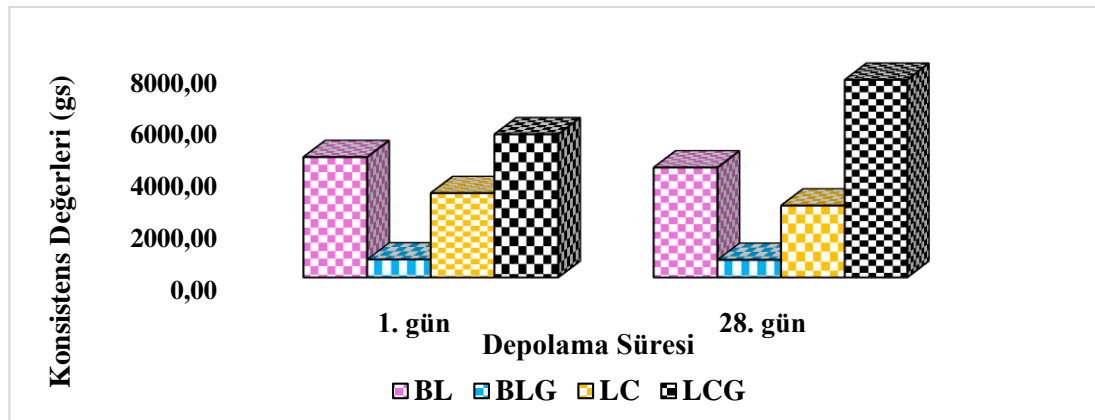
Probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 28. günlerinde yapılan tekstür analizi sonucunda elde edilen konsistens değerleri (gs) Çizelge 4.24'te verilmiştir. Örneklerin konsistens değerlerinin 678,99 gs (BLG) ile 7611,40 gs (LCG) arasında değiştiği saptanmıştır. Depolama süresince konsistens değerleri 678,99 gs ile 7611,40 gs arasında değişmiştir.

Çizelge 4.24. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde konsistens (gs) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ort.
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4648,26	694,37	3260,63	5524,21	694,37	5524,21	3531,87
28. gün	4248,36	678,99	2777,67	7611,40	678,99	7611,40	3829,11
En Düşük	4248,36	678,99	2777,67	5524,21			
En Yüksek	4648,26	694,37	3260,62	7611,40			
Ortalama	4448,31	686,68	3019,15	6567,80			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Şekil 4.20'de depolamanın 1. ve 28. günlerinde probiyotik yoğurt örneklerinin konsistens (gs) değerlerinde görülen değişimler verilmiştir.



Şekil 4.20. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde konsistens (gs) değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre; örnek çeşidi, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyonun, örneklerin konsistens değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı saptanmıştır ($p<0,01$). Örneklerde saptanan ortalama konsistens değerleri birbirinden oldukça farklılık göstermiş olup, en düşük ortalama (686,68 gs) BLG çeşidine ve en yüksek ortalama ise (6567,80 gs) LCG çeşidine aittir. Depolama süresince konsistens değerleri artış göstermiş olup, değerler istatistiksel olarak farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.27).

İç Yapışkanlık (cohesiveness; g), örneğin ağızda kırılmadan önceki deforme edilme derecesi olarak da ifade edilen iç yapışkanlık değeri üründe güçlü bağ oluşumunun bir göstergesidir. Yoğurdun yapısal bütünlüğü ile ilişkilendirilmekte ve iç bağlarının direncini göstermektedir. Yapışkanlık değerinin yüksek olması yoğurdun daha güçlü bir jel yapısına sahip olduğunu belirtmektedir (Özcan 2013, Yılmaz-Ersan ve ark. 2017).

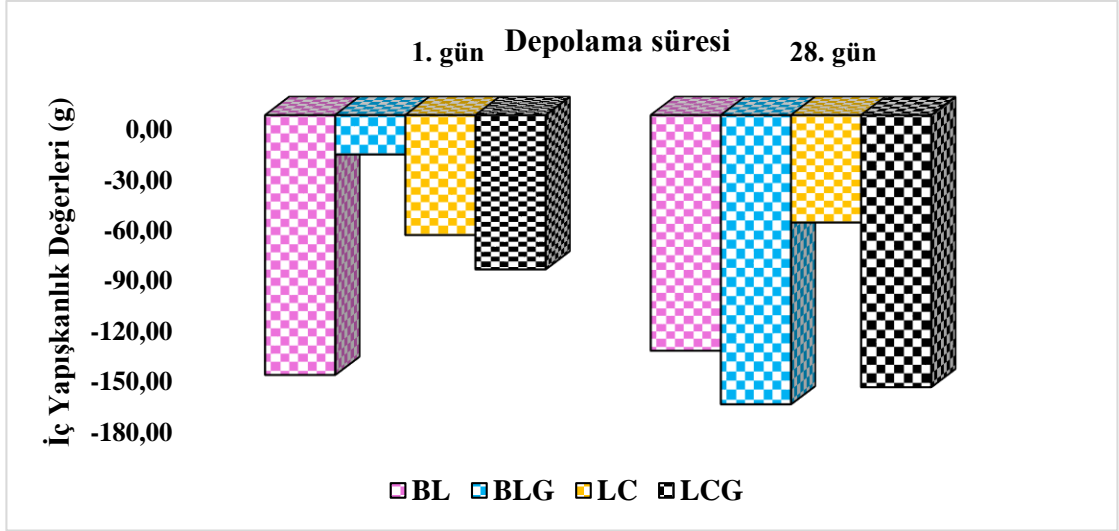
Probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 28. günlerinde yapılan tekstür analizi sonucu elde edilen iç yapışkanlık (g) değerlerinin değişimi Çizelge 4.25'te verilmiştir. Örneklerin iç yapışkanlık değerlerinin -23,32 g ile -171,90 g arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 4.25. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde iç yapışkanlık (g) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	-154,42	-23,32	-71,10	-91,54	-23,32	-154,42	-85,10
28. gün	-139,97	-171,90	-63,68	-161,70	-63,68	-171,90	-134,31
En Düşük	-139,97	-23,32	-63,68	-91,54			
En Yüksek	-154,42	-171,90	-71,10	-161,70			
Ortalama	-147,20	-97,61	-67,39	-126,62			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde elde edilen iç yapışkanlık (g) değerlerinde görülen değişimler Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde iç yapışkanlık (g) değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinde belirlenen iç yapışkanlık değerlerine ilişkin varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Örneklerin iç yapışkanlık değerleri üzerine örnek çeşidi ($p < 0,05$), depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun ($p < 0,01$) istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Çeşitler arasındaki farklılığı belirlemek için yapılan LSD testi sonuçlarına göre; BL çeşidinin en yüksek iç yapışkanlık değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Ksantan gam içeren örneklerin (BLG ve LCG) istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesine bağlı olarak iç yapışkanlık değeri artış göstermiştir.

Viskozite İndeksi (gs), akışa karşı gösterilen direnç olarak tanımlanan viskozite indeksi değerleri akış davranış hızının ölçülmesi ile belirlenmektedir. Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinde, pıhtı stabilitesinin belirlenmesinde önemli kalite parametrelerinden birisi de viskozite ölçümleridir. Bu ürünlerde viskozite değeri, protein molekülünün büyüklüğü, elektrik yükü, sıcaklık, pH, mineral madde konsantrasyonu ve su absorpsiyonu gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.

Tekstür analiz cihazı ölçümlerinde back ekstrüzyon işlemi sırasında probun örnek içinden çıkarken yapının göstermiş olduğu en yüksek negatif kuvvet olan iç yapışkanlık (cohesiveness; g) ve negatif bölgenin alanı ise viskozite indeksi (gs) olarak belirlenmektedir (Özcan 2013, Yılmaz-Ersan ve ark. 2017).

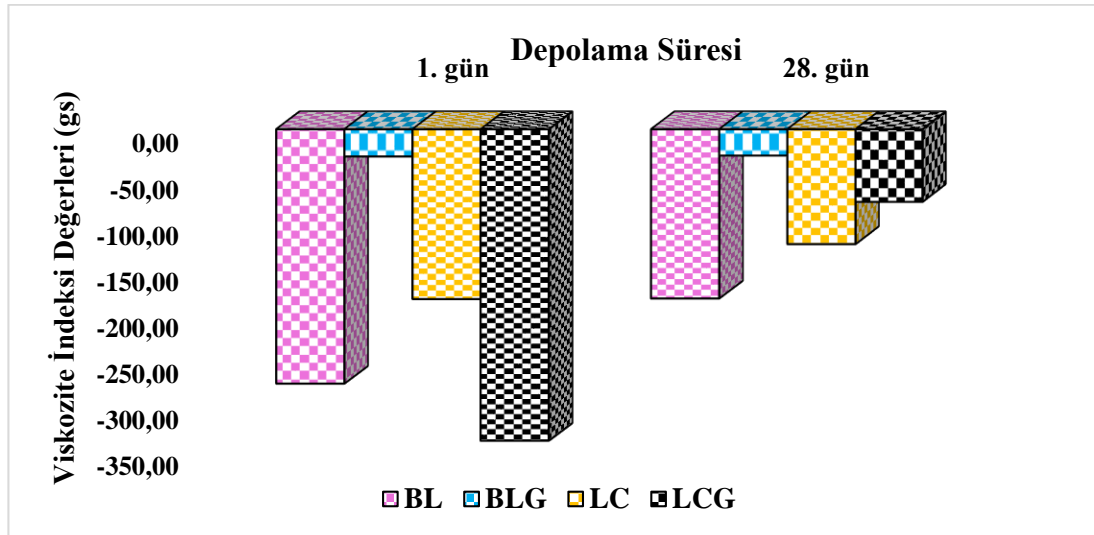
Probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 28. günlerinde yapılan tekstür analizi sonucu elde edilen viskozite indeksi (gs) değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Viskozite indeksi değerleri -28,46 gs ile -337,49 gs arasında değişkenlik göstermiştir.

Çizelge 4.26. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde viskozite indeksi (gs) değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	-275,35	-29,45	-183,71	-337,49	-29,45	-337,49	-206,50
28. gün	-183,07	-28,46	-124,25	-78,55	-28,46	-183,07	-103,58
En Düşük	-183,07	-28,46	-124,25	-78,55			
En Yüksek	-275,35	-29,45	-183,71	-337,49			
Ortalama	-229,21	-28,95	-153,98	-208,02			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde elde edilen viskozite indeksi (gs) değerlerinde görülen değişimler Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolamanın 1. ve 28. günlerinde viskozite indeksi (gs) değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinde belirlenen viskozite indeksi değerlerine ilişkin varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Örneklerin viskozite indeksi değerleri üzerine örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunun $p<0,01$ düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Çeşitler arasındaki farklılığı belirlemek için yapılan LSD testi sonuçlarına göre; BL çeşidinin en yüksek viskozite indeksi değerlerine sahip olduğu ve tüm çeşitlerin ayrı gruplarda yer aldığı saptanmıştır ($p<0,01$). Ksantan gam ilavesi *B. lactis* içeren örnekte viskozite indeksi değerini azaltırken, *Lb. casei* içeren yoğurt örneğinde arttırmıştır. Depolama süresinin ilerlemesine bağlı olarak azalış gösteren viskozite indeksi değerlerine ilişkin en düşük değer depolamanın son günü olan 28. gününde belirlenmiştir ($p<0,01$).

Çizelge 4.27. Probiyotik yoğurt örneklerinin tekstür parametresi değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Sıklık	Konsistens	İç yapışkanlık	Viskozite indeksi
BL	6	307,60 ^b	4448,31 ^b	-147,20 ^a	-229,21 ^a
BLG	6	39,00 ^b	686,68 ^d	-97,61 ^{ab}	-28,95 ^c
LC	6	148,90 ^b	3019,15 ^c	-67,39 ^b	-153,98 ^b
LCG	6	16163,90 ^a	6567,80 ^a	-126,62 ^{ab}	-208,02 ^{ab}
Depolama Süresi (gün)					
1. gün	12	3220,61 ^a	3531,86 ^b	-85,10 ^a	-206,50 ^a
28. gün	12	5109,13 ^a	3829,11 ^a	-134,31 ^a	-103,58 ^b
ANOVA					
Örnek Çeşidi		**	**	*	**
Depolama Süresi		*	**	**	**
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi	x	*	**	**	**

** Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; ** $p<0,01$; * $p<0,05$

El-Sayed ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada fermantasyon süresince ksantan gamın tek başına ya da diğer gamlar ile birlikte kullanımının yoğurt ve soya yoğurdunun viskozite değerlerini etkilediği belirlenmiştir. En yüksek viskozite değerleri ksantan gamın tek başına veya diğer gamlarla birlikte %0,01 oranında kullanıldığında elde edilmiştir. Ksantan gamın viskozite değerleri üzerine artış gösteren etkide bulunmasının, gamların süt proteinleri ile etkileşimlerinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Soukoulis ve Tzia (2008) tarafından yapılan çalışmada ksantan gam ilavesinin dondurulmuş yoğurtta viskozite değerlerini arttırdığı saptanmıştır. Viskozite artışının, gamların su bağlama kapasiteleri nedeni ile su moleküllerinin hareketliliğini azaltmalarından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Hematyar ve ark. (2012) gamların yoğurt özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada ksantan gam ve karragenanın viskoziteyi arttırdığı ve sineresizi azalttığı tespit edilmiştir. Yüksek oranda gam içeren yoğurtların viskozite değerleri daha yüksek bulunmuştur. %0,01 oranından ksantan gam içeren yoğurt örneklerinin depolama süresince daha az sineresize sahip olduğu saptanmıştır. Kontrol örneklerinde depolama süresi arttıkça sineresiz artmıştır. Genellikle gam oranı arttıkça sineresize değerleri azalmıştır.

Ksantan gam konsantrasyonu %0'dan %0,15'e arttırıldığında probiyotik yoğurt içeceğinin viskozitesinin arttığı belirtilmiştir (Ziaolhagh ve Jalali 2017).

Çalışmada ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerinin tekstürel özelliklerine ait bulgular, *Lb. casei* içeren örnekler için diğer araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir. *B. lactis* içeren örneklerde ise bulgular farklılık göstermektedir. Üretimde kullanılan bakteri türü ve suşu da yoğurdun tekstürel özellikleri üzerine etkili olabilmektedir.

4.2.4. Duyusal analiz sonuçları

Duyusal analiz, gıdaların çeşitli özelliklerine göre görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyuları ile eğitilmiş panelistler tarafından gerçekleştirilen, yeni ürün geliştirmede etkili olan analiz çeşididir. Analiz süresinde duyu organları tarafından gerçekleştirilen tepkilerin oluşturulması, ölçülmesi ve sonuçların yorumlanması ile duyusal değerlendirme yapılmaktadır (Onoğur ve Elmacı 2011).

Bir ürünün duyuşsal özellikleri tüketicinin beğenisini belirleyen en önemli kriterlerden birisi olup üretimde kullanılan katkı maddeleri, kültür çeşidi ve üretim prosesi gibi faktörler ürünün duyuşsal kalitesini ve özelliklerini etkilemektedir. Çalışmada probiyotik yoğurt örneklerinin renk, görünüş, yapı ve tekstür, koku, duyuşsal asitlik, tat ve aroma değerleri gibi özellikleri bakımından duyuşsal analizi gerçekleştirilmiş ve puan bazında değerlendirmeleri yapılmıştır.

Renk: 28 günlük depolama süresince yapılan duyuşsal analiz sonucunda ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerinin ortalama renk puan değerlerinin değişimi Çizelge 4.28.'de verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin renk puan değerleri 4,73 ile 5,00 arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama renk değerlerine bakıldığında en düşük değer 4,88 ile 21. günde, en yüksek değer 4,95 ile 28. günde belirlenmiştir. LC örneği depolama süresince renk açısından tam puan olarak istenilen renge en yakın bulunurken BLG örneğinin en düşük ortalama renk puanına sahip olduğu saptanmıştır. Ksantan gam ilave edilen probiyotik yoğurtların renklerine panelistler tarafından daha düşük puanlar verilmiş ve renklerinin daha az beğenildiği saptanmıştır.

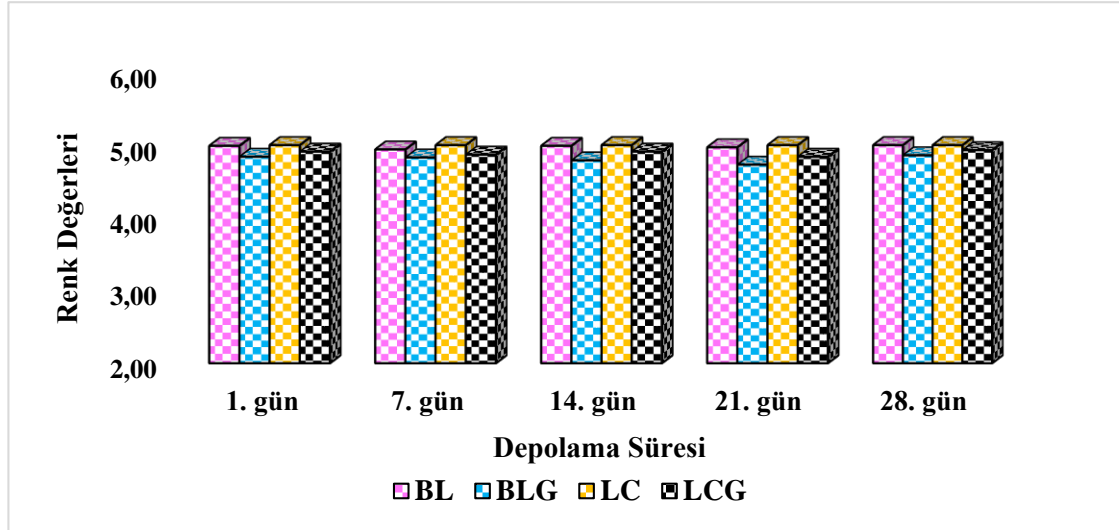
Çizelge 4.28. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince renk puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,99	4,84	5,00	4,91	4,84	5,00	4,93
7. gün	4,94	4,83	5,00	4,87	4,83	5,00	4,91
14. gün	4,99	4,79	5,00	4,91	4,79	5,00	4,92
21. gün	4,97	4,73	5,00	4,84	4,73	5,00	4,88
28. gün	5,00	4,86	5,00	4,93	4,86	5,00	4,95
En Düşük	4,94	4,73	5,00	4,84			
En Yüksek	5,00	4,86	5,00	4,93			
Ortalama	4,98	4,81	5,00	4,89			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince renk puan değerlerinde görülen değişimler Şekil 4.23'te verilmiştir. Panelistler değerlendirmede, 1. gün BLG örneğini mat ve donuk LCG örneğini daha sarımsı renkte, 7.günde ise LCG örneğini BLG

örneğine göre daha sarı renkte olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca 14.gün BLG örneğinin daha sarımsı LCG örneğinin ise açık renkli, LC ve BL örneklerinin ise ksantan gamlı örneklere göre daha beyaz olduğunu belirtmişlerdir. Depolamanın 21. gününde yine LC ve BL örneklerinin daha beyaz olduğu belirtilmiş ve renklerin panelistlerce daha fazla beğenildiği saptanmıştır.



Şekil 4.23. Depolama süresince probiyotik yoğurt örneklerinin renk puan değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin renk değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Örnek çeşidine bağlı olarak örneklerin renk değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından örnekler arası farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($p > 0,05$) saptanmıştır. Örneklerin renk değerlerindeki değişime ilişkin LSD testi sonuçlarına göre LC örneğine tam puan verildiği ve en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük renk puanı 4,81 ile BLG örneğinde bulunmuştur. Kontrol örneklerinin (BL ve LC) ortalama renk değerleri açısından aynı istatistiksel grupta yer aldığı ve ksantan gam içeren örneklere göre renk özellikleri açısından daha fazla beğenildiği saptanmıştır.

Görünüş: Görünüş, bir gıdanın tüketici tarafından değerlendirilmesinde ilk etkiyi oluşturan ve bir ürünü satın alma, hazırlama ve/veya tüketme kararını etkileyen en önemli duyuşsal kalite özelliğidir (Onoğur ve Elmacı 2011).

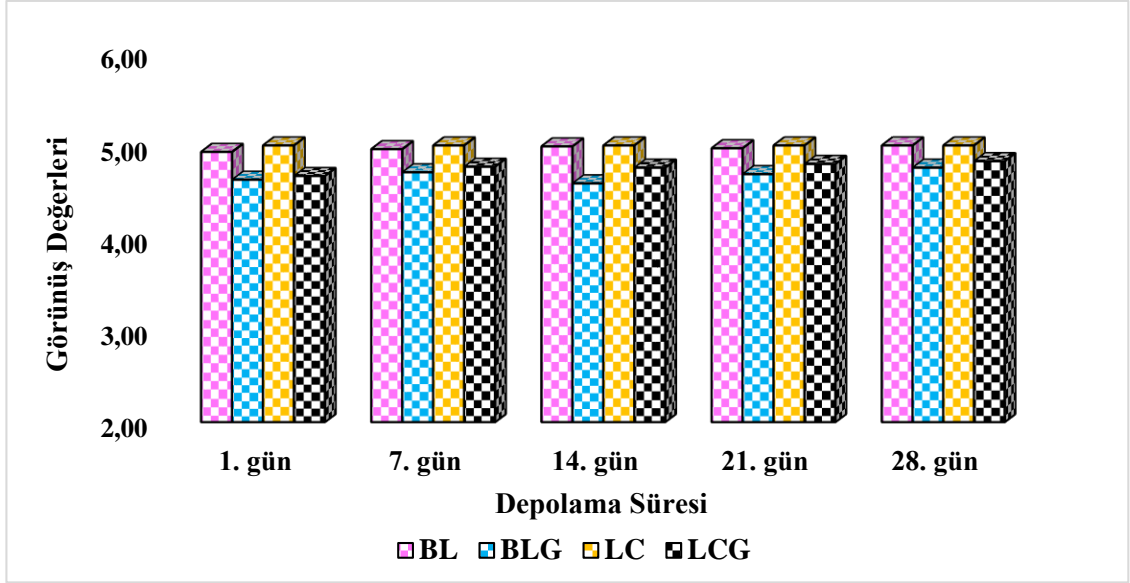
Çizelge 4.29’de verilen probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin görünüş puan değerleri 4,59 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama görünüş değerlerine bakıldığında en düşük puan 4,80 ile 1. günde, en yüksek puan 4,90 ile 28. günde belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince görünüş puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,93	4,63	5,00	4,67	4,63	5,00	4,80
7. gün	4,96	4,71	5,00	4,77	4,71	5,00	4,86
14. gün	4,99	4,59	5,00	4,76	4,59	5,00	4,83
21. gün	4,97	4,69	5,00	4,80	4,69	5,00	4,86
28.gün	5,00	4,76	5,00	4,83	4,76	5,00	4,90
En Düşük	4,93	4,59	5,00	4,67			
En Yüksek	5,00	4,76	5,00	4,80			
Ortalama	4,97	4,68	5,00	4,77			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince görünüş puan değerlerinin değişimi Şekil 4.24’te verilmiştir. Tüm örneklerin depolamanın 28. gününde en iyi görünüşe sahip olduğu panelistlerce ifade edilmiştir. Depolama süresince BL örneğinde 21. gün, BLG ve LCG örneklerinde ise 14.gün görünüş puan değerleri azalmıştır. LC örneğinin depolama süresince görünüş puan değerlerinin sabit kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.24. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince görünüş puan değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin görünüş değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre; probiyotik yoğurt örneklerinin görünüş değerleri örnek çeşidine göre $p < 0,01$ düzeyinde önemli ancak depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından istatistiki olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Örneklerin görünüş değerlerindeki değişime ilişkin LSD testi sonuçlarına göre LC ve BL kontrol örnekleri ile ksantan gam içeren BLG ve LCG örneklerin görünüş açısından aynı istatistiki grupta yer aldığı saptanmıştır. Ortalama görünüş değerlerine bakıldığında ksantan gam ilaveli yoğurtların görünüş açısından panelistler tarafından daha az beğenildiği saptanmıştır.

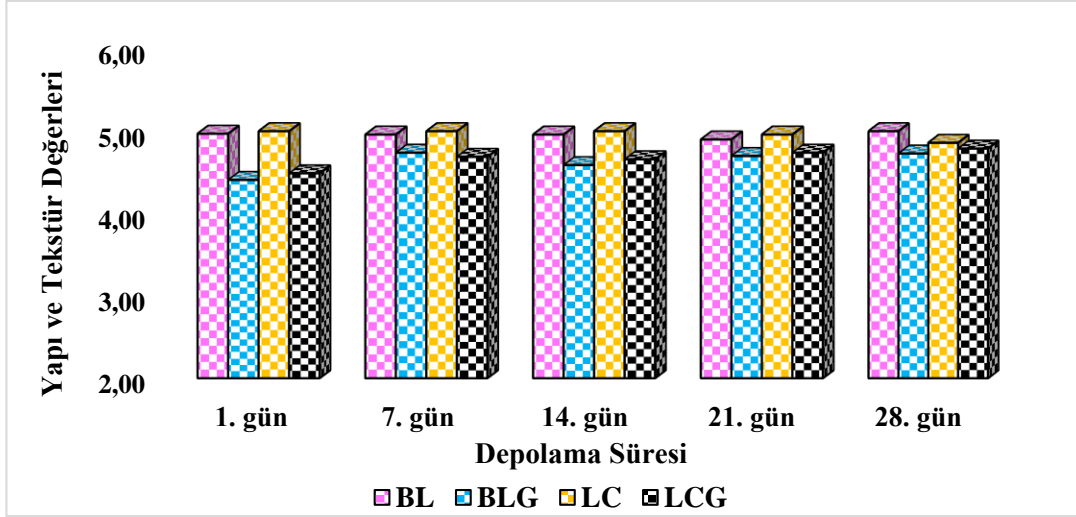
Yapı ve Tekstür: Depolama süresince yapılan duyu analizi sonucunda ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerinin ortalama yapı ve tekstür puan değerlerinin değişimi Çizelge 4.30'da verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin yapı ve tekstür puan değerleri 4,41 (BLG) ile 5,00 (BL ve LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama yapı ve tekstür puan değerleri incelendiğinde en düşük değer 4,72 ile 1. günde, en yüksek değer 4,85 ile 7. günde belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince yapı ve tekstür puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,97	4,41	5,00	4,49	4,41	5,00	4,72
7. gün	4,96	4,74	5,00	4,69	4,69	5,00	4,85
14. gün	4,96	4,59	5,00	4,66	4,59	5,00	4,80
21. gün	4,90	4,70	4,96	4,74	4,70	4,96	4,82
28.gün	5,00	4,73	4,86	4,79	4,73	5,00	4,84
En Düşük	4,90	4,41	4,86	4,49			
En Yüksek	5,00	4,74	5,00	4,79			
Ortalama	4,95	4,63	4,96	4,67			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince yapı ve tekstür puan değerlerinin değişimi Şekil 4.25'te verilmiştir. LC dışında tüm örneklerin depolamanın 28. gününde en iyi yapı ve tekstüre sahip olduğu panelistlerce ifade edilmiştir. Depolama süresince BL örneğinde 21. gün, BLG ile LCG örneğinde 14. gün ve LC örneğinde 21. ve 28. gün yapı ve tekstür puan değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Panelistlerin değerlendirmelerine incelendiğinde, 1. gün ksantan gam ilaveli örneklerin kremamsı yapı ve tekstüre sahip olduğu, 7. gün tüm örneklerde yapı ve tekstürde iyileşme olduğu ancak ksantan gam içermeyen probiyotik yoğurtların yapısının daha iyi olduğu belirtilmiştir. Depolamanın 14. gününde ksantan gamlı örneklerde jelleşme ve pürüzlü yapı gözlenmiştir. 21. günde BL ve LC örneklerinin yapı ve tekstürünün daha iyi olduğu, 28. günde ise BL örneğinin LC örneğine göre daha kıvamlı ve iyi bir tekstüre sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca depolama süresince ksantan gam ilaveli BLG ve LCG örneklerinin, yoğurt kıvamında olmayıp jelimsi bir kıvama sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.25. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince yapı ve tekstür puan değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin yapı ve tekstür değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre; örnek çeşidine göre örneklerin yapı ve tekstür değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından farklılığın istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Örneklerin yapı ve tekstür değerlerindeki değişime ilişkin LSD testi sonuçlarına göre LC ve BL kontrol örnekleri ile ksantan gam içeren BLG ve LCG örneklerin yapı ve tekstür açısından aynı istatistiksel grupta yer aldığı görülmektedir. Ortalama yapı ve tekstür değerlerine bakıldığında ksantan gam ilaveli yoğurtların yapı ve tekstür açısından panelistler tarafından daha az beğenildiği saptanmıştır. Depolamanın 14. 21. ve 28. günlerinde yapı ve tekstür değerlerinde meydana gelen değişimin çok az olduğu ve bu dönemlerin istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı saptanmıştır.

Koku: Tadı etkileyen faktörler genellikle kokuyu da etkilemektedir. Gerek fermantasyon, gerekse depolama aşamasındaki oluşum ve değişimlerde bu özelliğin tatla ortak etkileşimleri söz konusudur. 28 günlük depolama süresince yapılan duyu analizi sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin ortalama koku puan değerlerinin değişimi Çizelge 4.31'de verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin koku puan değerleri 4,87 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir.

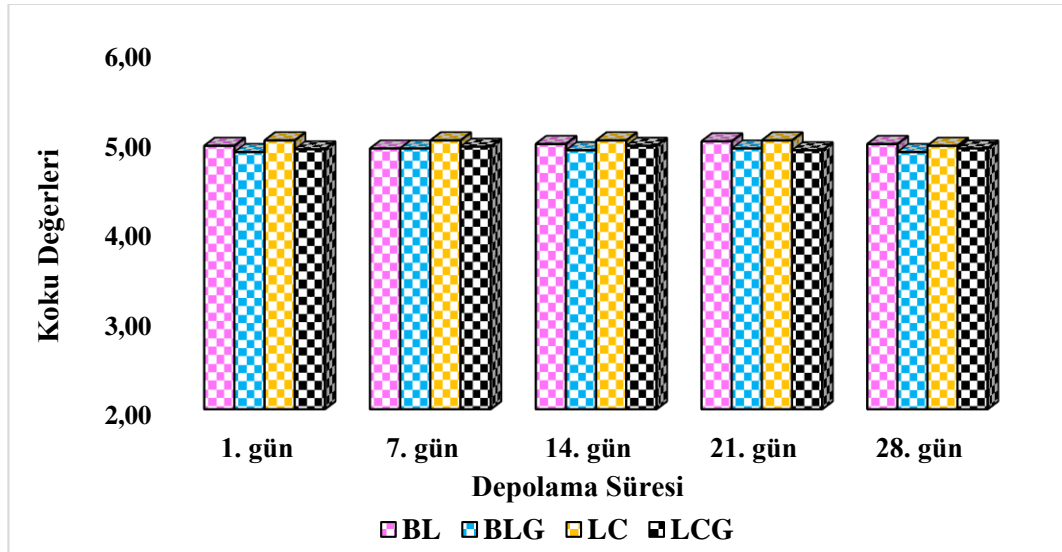
Depolama süresince ortalama koku puan değerlerine bakıldığında en düşük değer 4,92 ile 28. günde, en yüksek değer 4,95 ile 14. ve 21. günde belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince koku puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,94	4,87	5,00	4,90	4,87	5,00	4,93
7. gün	4,91	4,91	5,00	4,93	4,91	5,00	4,94
14. gün	4,96	4,89	5,00	4,94	4,89	5,00	4,95
21. gün	4,99	4,91	5,00	4,89	4,89	5,00	4,95
28.gün	4,96	4,87	4,94	4,91	4,87	4,96	4,92
En Düşük	4,91	4,87	4,94	4,89			
En Yüksek	4,99	4,91	5,00	4,94			
Ortalama	4,95	4,89	4,99	4,91			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince koku puan değerlerinin değişimi Şekil 4.26’da verilmiştir. LC örneği en yüksek koku puan değerine sahip olurken yalnızca 28. gün koku değeri azalmıştır. Ksantan gam ilavesi ile örneklerin koku değerlerinde azalma olduğu ancak kontrol örnekleri ile yakın puan değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.26. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince koku puan değerlerinde görülen değişimler

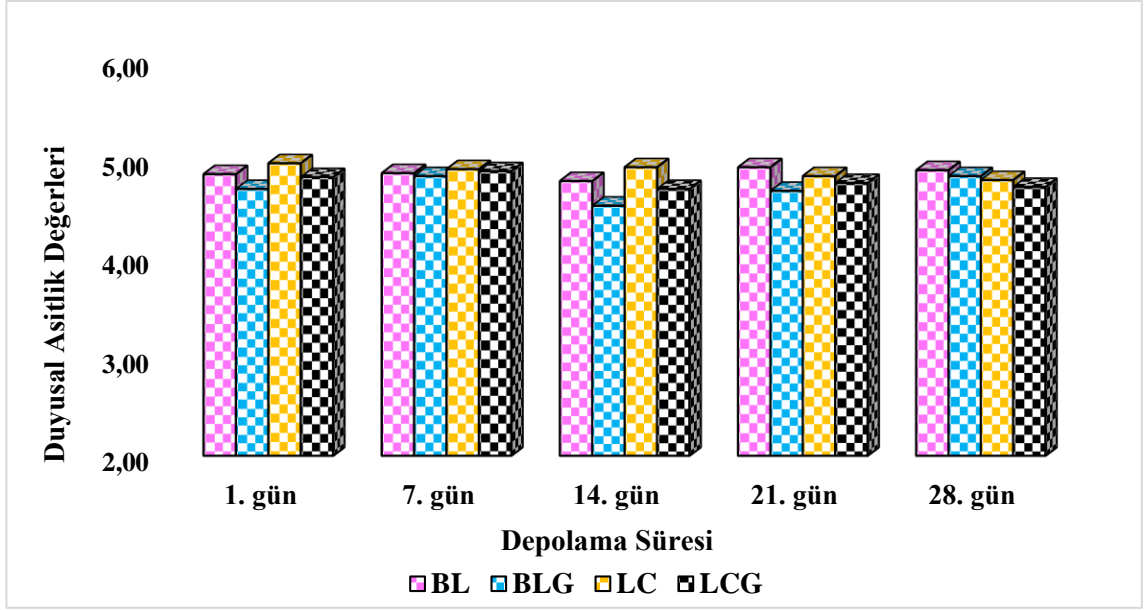
Probiyotik yoğurt örneklerinin koku puan değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Örnek çeşidine bağlı olarak örneklerin koku değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından örnekler arası farklılığın istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır. Örneklerinin koku puan değerlerindeki değişime ait LSD testi sonuçlarına göre LC örneğinin tam puana en yakın (4,99) ve en yüksek koku puan değerine sahip olduğu saptanmıştır. En düşük koku puanına ise 4,89 ile BLG örneği sahiptir. Ksantan gam içeren örneklerin (BLG ve LCG) ortalama koku puan değerleri açısından aynı istatistiki grupta yer aldığı ve kontrol örneklerine göre daha az beğenildiği saptanmıştır.

Duyusal Asitlik: 28 günlük depolama süresince yapılan duyusal analiz sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin ortalama asitlik puan değerlerinin değişimi Çizelge 4.32'de verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin duyusal asitlik değerleri 4,54 (BLG) ile 4,97 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük duyusal asitlik değeri depolamanın 14. gününde 4,74 olarak, ortalama en yüksek asitlik değeri ise depolamanın 7. gününde 4,88 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince asitlik puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,86	4,71	4,97	4,83	4,71	4,97	4,84
7. gün	4,87	4,84	4,91	4,89	4,84	4,91	4,88
14. gün	4,79	4,54	4,93	4,71	4,54	4,93	4,74
21. gün	4,93	4,69	4,84	4,77	4,69	4,93	4,81
28.gün	4,90	4,84	4,80	4,73	4,73	4,90	4,82
En Düşük	4,79	4,54	4,80	4,71			
En Yüksek	4,93	4,84	4,97	4,89			
Ortalama	4,87	4,72	4,89	4,79			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)



Şekil 4.27. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince asitlik puan değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama boyunca asitlik puan değerlerinin değişimi Şekil 4.27’de verilmiştir. Ksantan gam ilave edilen probiyotik yoğurtların asitlik değerlerinin panelistler tarafından daha düşük olduğu belirlenmiş, bu puan değerlerinin fiziko-kimyasal analiz sonuçları ile paralel olduğu saptanmıştır.

Probiyotik yoğurt örneklerinin duyu asitlik değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35’te verilmiştir. Örnek çeşidine bağlı olarak örneklerin duyu asitlik değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde, depolama süresine bağlı olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Ürün çeşidi ve depolama süresi etkisi açısından örnekler arası farklılığın istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır. Örneklerinin duyu asitlik değerlerindeki değişime ait LSD testi sonuçlarına göre en yüksek duyu asitlik değeri 4,89 ile LC örneğinde, en düşük asitlik değeri 4,73 ile BLG örneğinde bulunmuştur. Kontrol örneklerinin ortalama asitlik değerleri açısından aynı istatistiksel grupta yer aldığı, yine aynı grupta yer alan ksantan gamlı probiyotik yoğurtlara göre daha yüksek duyu asitliğe sahip oldukları saptanmıştır. Depolama süresince 1. ve 7. günlere ait duyu asitlik değerleri ile 21. ve 28. günlere ait değerlerin istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı saptanmıştır.

Tat ve Aroma: Tat, tüketiciyi en fazla ilgilendiren önemli bir duyuşal parametre olmasının yanı sıra, fermente süt ürünlerinde, süt şekeri, süt yağı ve süt proteinlerinin parçalanmaları sonucu oluşan metabolit ürünlerinin ortak etkisini yansıtan bir özelliktir.

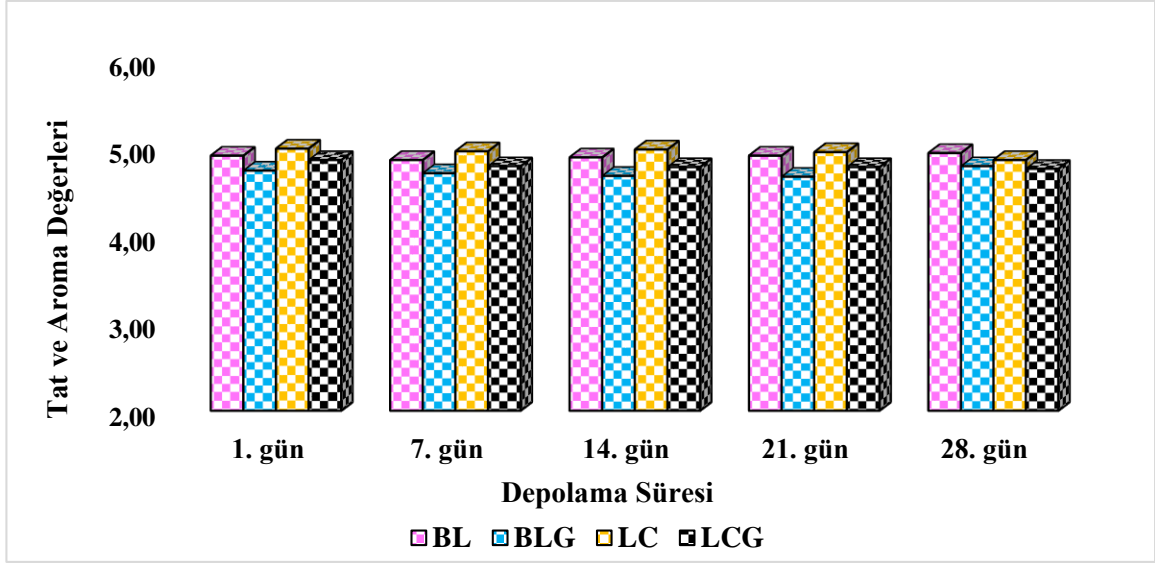
28 günlük depolama süresince yapılan duyuşal analiz sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin ortalama tat ve aroma puan değerlerinin değişimi Çizelge 4.33’de verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin tat ve aroma puan değerleri 4,67 (BLG) ile 4,99 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük tat ve aroma değeri 4,83 olarak depolamanın 7., 14. ve 21. günlerinde, ortalama en yüksek ortalama tat ve aroma değeri ise depolamanın 1.gününde 4,87 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,91	4,74	4,99	4,86	4,74	4,99	4,87
7. gün	4,86	4,71	4,96	4,79	4,71	4,96	4,83
14. gün	4,89	4,68	4,98	4,78	4,68	4,98	4,83
21. gün	4,91	4,67	4,95	4,78	4,67	4,95	4,83
28.gün	4,94	4,79	4,86	4,76	4,79	4,94	4,84
En Düşük	4,86	4,67	4,86	4,76			
En Yüksek	4,94	4,79	4,99	4,86			
Ortalama	4,90	4,72	4,95	4,79			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince tat ve aroma puan değerlerinin değişimi Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puan değerlerinde görülen değişimler

Depolama süresince ksantan gam ilave edilen BLG ve LCG örneklerinin tat ve aroma değerlerinin düşük olmasının yavaş asitlik gelişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Panelist değerlendirmeleri incelendiğinde, 1. günde *Lb. casei* içeren örneklerde aroma yoğunluğunun *B. lactis* içeren örneklere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. 7. günde LCG örneğinin asidik ve ekşi tada BLG örneğinin ise daha yumuşak tada sahip olduğu saptanmıştır. Depolamanın 14. gününde LC örneğinde asitlik gelişiminden dolayı boğazı yakan tat ve aroma hissedilmiştir. 21. günde LCG örneğinin asitlik gelişimi fazla olduğundan ekşi tada sahip olduğu 28. günde ise ekşi tadın arttığı panelistlerce ifade edilmiştir.

Probiyotik yoğurt örneklerinin tat ve aroma değerlerindeki değişime ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Örnek çeşidine bağlı olarak örneklerin tat ve aroma değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından örnekler arası farklılığın istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır. Örneklerin tat ve aroma değerlerindeki değişime ait LSD testi sonuçlarına göre; en yüksek tat ve aroma değeri 4,95 ile LC örneğinde, en düşük tat ve aroma değeri 4,72 ile BLG örneğinde bulunmuştur.

Kontrol örneklerinin tat ve aroma puan değerleri açısından aynı istatistiki grupta yer aldığı, yine aynı grupta yer alan ksantan gamlı probiyotik yoğurtlara göre daha iyi tat ve aromaya sahip olduğu saptanmıştır.

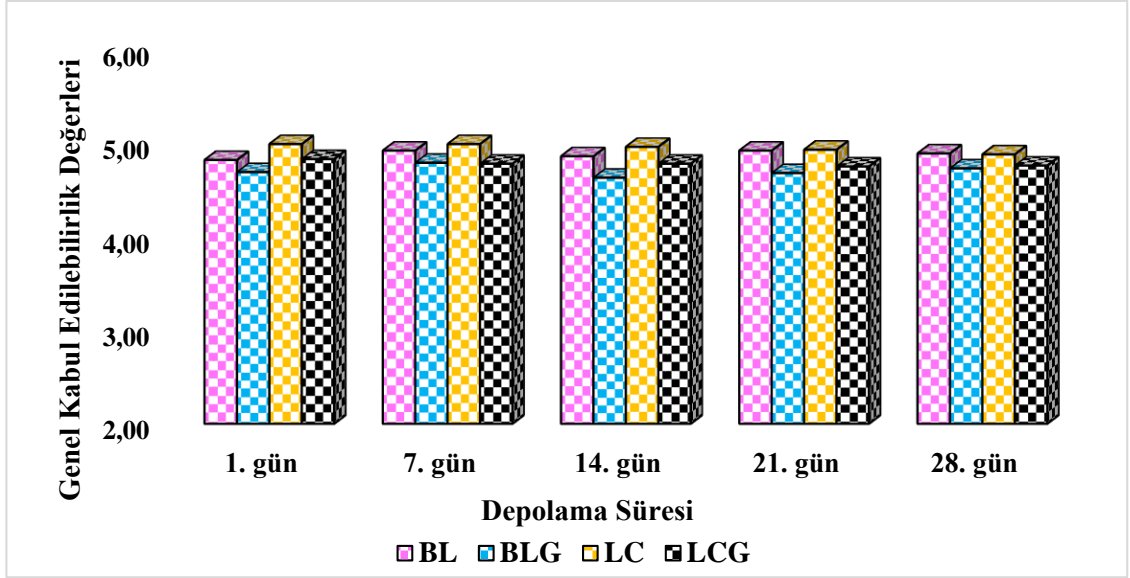
Genel kabul edilebilirlik: Depolama süresince yapılan duyu analizi sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin genel kabul edilebilirlik değerlerinin değişimi Çizelge 4.34'te verilmiştir. Probiyotik yoğurt örneklerine ilişkin genel kabul edilebilirlik değerleri 4,64 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama genel kabul edilebilirlik değerleri arasında en düşük değer depolamanın 14. gününde 4,82 olarak, en yüksek değer depolamanın 7. gününde 4,88 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puan değerlerinin değişimi

Dönem	ÖRNEKLER				En Düşük	En Yüksek	Ortalama
	BL	BLG	LC	LCG			
1. gün	4,83	4,70	5,00	4,84	4,70	5,00	4,84
7. gün	4,93	4,80	5,00	4,79	4,79	5,00	4,88
14. gün	4,87	4,64	4,97	4,79	4,64	4,97	4,82
21. gün	4,93	4,69	4,94	4,76	4,69	4,94	4,83
28.gün	4,90	4,74	4,89	4,77	4,74	4,9	4,83
En Düşük	4,83	4,64	4,89	4,76			
En Yüksek	4,93	4,80	5,00	4,84			
Ortalama	4,89	4,71	4,96	4,79			

BL (Kontrol *B. lactis*); BLG (*B. lactis* + ksantan gam); LC (Kontrol *Lb. casei*); LCG (*Lb. casei* + ksantan gam)

Probiyotik yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince genel kabul edilebilirlik puan değerlerinin değişimi Şekil 4.29'da verilmiştir. *Lb. casei* kültürü içeren ksantan gam içermeyen probiyotik yoğurtların depolama süresince en yüksek genel kabul edilebilirlik değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.29. Probiyotik yoğurt örneklerinin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puan değerlerinde görülen değişimler

Probiyotik yoğurt örneklerinin genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Örnek çeşidine bağlı olarak örneklerin genel kabul edilebilirlik değerleri arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, depolama süresi ve bu iki varyasyon kaynağına ait interaksiyon açısından örnekler arası farklılığın istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır. Örneklerinin genel kabul edilebilirlik değerlerindeki değişime ait LSD testi sonuçlarına göre en yüksek genel kabul edilebilirlik değeri 4.96 ile LC örneğinde, en düşük genel kabul edilebilirlik değeri 4,71 ile BLG örneğinde saptanmıştır. Kontrol örneklerinin genel kabul edilebilirlik değerleri ksantan gamlı probiyotik yoğurtlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Alpaslan ve Gündüz (2000), farklı stabilizatör kombinasyonlarının (Arap gamı, karboksimetil selüloz, jelatin, agar ve keçiyoynuzu unu) kullanımının, yoğurdun fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, kullanılan stabilizatör kombinasyonlarının yoğurtların görünüm, koku ve kıvam özellikleri üzerine etkisini önemli bulmuşlardır.

El-Sayed ve ark. (2002) ksantan gam ilavesinin yoğurdun tat değerleri üzerinde olumsuz etkisi olmadığını belirtmişlerdir. %0,01 oranında ksantan gam içeren yoğurtların en yüksek puana, gam içermeyen kontrol örneklerinin ise en düşük puana sahip olduğu saptanmıştır.

Soukoulis ve Tzia (2008) tarafından yapılan çalışmada, dondurulmuş yoğurt örneklerine ksantan gam ilavesinin örneklerin kremli yapısı, sertliği ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini desteklediği tespit edilmiştir.

Hematyar ve ark. (2012) gamların yoğurt özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada ksantan gam ilavesinin yoğurdun tadı üzerinde olumsuz etki göstermediği, %0,005 oranda ksantan gam içeren örneğin en yüksek puanı, kontrol örneğinin ise en düşük puanı aldığı saptanmıştır.

Bahrami ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada %0,05, %0,1, %0,2 ve %0,3 oranlarında kullanılan ksantan gam, beta-glukan ve guar gamın probiyotik yoğurt üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre, en yüksek puan % 0,1 ksantan gam içeren yoğurt örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.35. Probiyotik yoğurt örneklerinin duyu özelliklerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Örnek Çeşidi	N	Renk	Görünüş	Yapı ve Tekstür	Koku	Duyusal Asitlik	Tat ve Aroma	Genel Kabul Edilebilirlik
BL	35	4,98 ^a	4,97 ^a	4,95 ^a	4,95 ^{ab}	4,87 ^a	4,90 ^a	4,89 ^{ab}
BLG	35	4,81 ^c	4,67 ^b	4,63 ^b	4,89 ^b	4,73 ^b	4,72 ^b	4,71 ^c
LC	35	5,00 ^a	5,00 ^a	4,96 ^a	4,99 ^a	4,89 ^a	4,95 ^a	4,96 ^a
LCG	35	4,89 ^b	4,77 ^b	4,67 ^b	4,91 ^b	4,79 ^b	4,79 ^b	4,79 ^{bc}
Depolama Süresi (gün)								
1.gün	28	4,94 ^a	4,81 ^a	4,72 ^b	4,93 ^a	4,84 ^a	4,87 ^a	4,84 ^a
7. gün	28	4,91 ^a	4,86 ^a	4,85 ^a	4,94 ^a	4,88 ^a	4,83 ^a	4,88 ^a
14. gün	28	4,92 ^a	4,83 ^a	4,80 ^{ab}	4,95 ^a	4,74 ^b	4,83 ^a	4,82 ^a
21. gün	28	4,89 ^a	4,86 ^a	4,83 ^{ab}	4,95 ^a	4,81 ^{ab}	4,83 ^a	4,83 ^a
28. gün	28	4,95 ^a	4,90 ^a	4,84 ^{ab}	4,92 ^a	4,82 ^{ab}	4,84 ^a	4,83 ^a
ANOVA								
Örnek Çeşidi		**	**	**	**	**	**	**
Depolama Süresi		önemsiz	önemsiz	*	önemsiz	*	önemsiz	önemsiz
Örnek Çeşidi x Depolama Süresi		önemsiz	önemsiz	*	önemsiz	önemsiz	önemsiz	önemsiz
** Farklı harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır; **p<0,01; * p<0,05								

5. SONUÇ

Sağlıklı beslenme bilincinin geliştirilerek yaşam kalitesinin artırılması ile kronik rahatsızlıkları önlenme ya da tedavi edilmesi isteği tüketicilerin biyoaktif bileşenler içeren fonksiyonel gıdalara olan ilgisini arttırmaktadır. Gerek tüketici beklentisi gerekse bazı gıda bileşenlerinin hastalıkların önlenmesi ve tedavi sürecine olan olumlu etkisi fonksiyonel ürünleri ön plana çıkartmaktadır. Sağlıklı ve sürdürülebilir günlük diyet modelinde; dünya nüfusunun hızla artması, ekolojik dengenin bozulması, toplumların sosyo-kültürel özelliklerinin değişmesi ile birlikte beslenme alışkanlıklarının da değişmesine bağlı olarak ortaya çıkan mental ve fizyolojik rahatsızlıkların önlenmesi ve tedavi edilmesi gelişmiş ülkelerin önem verdikleri konular arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, uygulanan yöntemlerden birisi de probiyotikler ve prebiyotikler gibi fonksiyonel bileşenler içeren gıda ürün yelpazesinin genişletilmesi ve tüketiminin artırılmasıdır. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmaların odak noktasını, yeni biyoaktif özellik gösteren bileşenlerin ortaya çıkarılması ve terapötik etkilerinin de bilimsel olarak kanıtlanması oluşturmaktadır.

Gıda endüstrisinde genellikle gıdanın yapısını iyileştirmek, nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmak, nem kaybını azaltmak, ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla kıvam arttırıcı, emülsifiye edici, kayganlaştırıcı ve stabilizatör olarak kullanılan gamlar yüksek miktarda su tutma yeteneğine sahip olduklarından probiyotik ürünlerin stabilitesini ve aktivitesini de arttırabilmektedirler. Gamlar metabolizmada LDL-kolesterol, toplam kolesterol, glikoz ile serumdaki üre azotunu azaltarak kardiyovasküler ve diyabet gibi hastalıkların tedavisi üzerine de olumlu etki gösterebilmektedirler. Gamların sağlık üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar, bu bileşenlerin fonksiyonel gıda formülasyonlarında da kullanılabileceğini göstermektedir. Terapötik gıda katkıları içerisinde yer alan probiyotik mikroorganizmalar ile bu mikroorganizmaların gelişmesini teşvik eden prebiyotik bileşenler, birçok hastalığın önlenmesi ve tedavisinde olumlu sonuç vermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, gamların biyoaktivite gösterebilen fonksiyonel bir prebiyotik kaynağı olabileceği konusunda olumlu sonuçlar sağlamaktadır.

Gamların prebiyotik etkisinin saptanacağı *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların yapılması ile bu maddelerin kullanım alanının genişletileceği ve kullanılan ürünlerin fonksiyonel değerinin arttırılacağı düşünülmektedir.

Ksantan gam emülsiyon stabilizasyonu, sıcaklık stabilitesi, gıda ingrediyeentleri ile uyumu ve psödoplastik davranış gibi birçok önemli özelliğinden dolayı gıda endüstrisinde çok geniş kullanım alanına sahiptir. Bu çalışmada öncelikle ksantan gamın farklı fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi ile kullanım yelpazesinin genişletilmesi amaçlanmıştır. Ksantan gamın *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus casei*'nin gelişmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, karbon kaynağı olarak gam içeren temel besi ortamında fermantasyon süresince (48 saat) optik yoğunluk, pH, mikroorganizma sayısı ve gelişme oranı parametreleri belirlenmiştir. Bu gamın potansiyel prebiyotik özelliğinin belirlenmesi amacı ile prebiyotik aktivite sayısı, prebiyotik bir substratın probiyotiklerce fermente olabilme yeteneğinin göstergesi olan laktik asit ve kısa zincirli yağ asitleri (asetik, propiyonik ve bütirik asit) konsantrasyonları saptanmıştır. Potansiyel prebiyotik kaynağı olarak ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt üretilmiş ve depolama süresince kalite parametreleri (mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal, tekstürel ve duyuusal özellikleri) incelenmiştir.

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait ortalama pH değerleri 5,99 ile 6,39 arasında değişmiştir. En yüksek pH değeri (6,70) karbonhidrat içermeyen besi ortamında, en düşük pH değeri (4,42) ise glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *Lb. casei*'ye ait ortalama pH değerleri ise 5,69 ile 6,81 arasında değişmiştir. En yüksek pH değeri (6,85) inülin içeren besi ortamında, en düşük pH değeri (4,61) ise glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. % 0,25 ksantan gam ve %0,50 ksantan gam içeren örneklerin pH değerlerinin fermantasyon süresince azaldığı tespit edilmiştir ($p<0,01$). Çalışma ile elde edilen bulgulardan *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin ksantan gam içeren besi ortamında aktivite göstererek asitliği geliştirebildikleri saptanmıştır.

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki *B. lactis*'e ait ortalama OD değerleri 0,244 ile 0,747 arasında değişmiş, en yüksek (1,256) ve en düşük (0,057) OD değerleri glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. *Lb. casei*'ye ait OD değerleri ise 0,311 ile 1,332 arasında değişmiş, en yüksek (1,751) OD değeri glikoz içeren besi ortamında ve en düşük (0,194) OD değeri inülin içeren besi ortamında saptanmıştır. Fermantasyonun 12. saatinden itibaren gam içeren örneklerin OD değerlerinin glikozdan sonra en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. %0,50 oranında ksantan gam içeren besi ortamında *Lb. casei* hücre yoğunluğu değerinin aynı oranda pozitif kontrol (%0,50 glikoz) ile yakın değerlere sahip olduğu, *Lb. casei*'nin ksantan gam içeren ortamda glikoz kadar iyi gelişebildiği saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar *B. lactis* ve *Lb. casei* türlerinin sıvı besi ortamlarında iyi gelişebildiklerini göstermektedir.

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarında fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerindeki *B. lactis*'e ait ortalama mikroorganizma sayıları 7,11 ile 7,83 log₁₀ kob/mL arasında değişmiş, en yüksek mikroorganizma sayısı (8,58 log₁₀ kob/mL) glikoz içeren besi ortamında, en düşük (6,39 log₁₀ kob/mL) ise negatif kontrol (karbonhidrat içermeyen besi ortamı) örneğinde saptanmıştır. Fermantasyonun 0., 24. ve 48. saatlerindeki *Lb. casei*'ye ait ortalama mikroorganizma sayıları 7,49 ile 8,75 log₁₀ kob/mL arasında değişmiş, en yüksek (9,10 log₁₀ kob/mL) ve en düşük (7,38 log₁₀ kob/mL) mikroorganizma sayısı glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır.

Fermantasyon süresince farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki bakteri türlerine ait gelişme oranları, 0 ile 24. saatler arasında %0,50 inulin ve %0,25 ksantan gam içeren *B. lactis*'e ait besi ortamları haricinde tüm örneklerde pozitif olarak hesaplanmıştır. %0,50 ksantan gam içeren *Lb. casei*'ye ait örneklerin 48 saatlik fermantasyon süresince glikoza yakın gelişme oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ksantan gam içeren besi ortamında *B. lactis*'e ait gelişme oranlarının inulinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Lb. casei'nin ksantan gam içeren besi ortamında prebiyotik aktivite sayısının (PAS) inuline göre daha yüksek olduğu, *B. lactis* için ise inulin ile kıyaslandığında daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki fermantasyon süresi sonunda *B. lactis* için laktik asit miktarları sırasıyla kontrol, inulin, %0,25 ksantan gam ve %0,50 ksantan gam içeren besi ortamlarında saptanmıştır. *Lb. casei* için negatif kontrolü inulin, glikoz ve %0,50 ksantan gam içeren örnekler izlemiştir. Bakteriler arasındaki laktik asit miktarları incelendiğinde *Lb. casei*'nin geliştiği substratlara ait değerlerin daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,01$). Fermantasyon süresi sonunda %0,50 ksantan gam içeren *B. lactis*'e ait asetik asit değeri pozitif kontrol olan inulinden daha yüksek iken, *Lb. casei* için ise %0,25 ksantan gam içeren örneklerin negatif kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bakteri türleri tarafından oluşturulan ortalama asetik asit değerlerine bakıldığında *Lb. casei* türünün *B. lactis*'e göre daha yüksek asetik asit oluşturduğu saptanmıştır ($p<0,01$). Farklı substrat kaynağı içeren besi ortamlarındaki fermantasyon süresi sonunda asetik asit, propiyonik asit ve toplam KZYA miktarı en yüksek glikoz içeren besi ortamında saptanmıştır. Ksantan gam içeren besi ortamlarında *B. lactis*'e ait laktik asit miktarlarının glikoz içeren besi ortamına göre, *Lb. casei*'ye ait propiyonik asit miktarlarının inulin içeren besi ortamına göre, her iki bakteriye ait bütirik asit miktarlarının da inuline göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Propiyonik asit harici diğer tüm asit değerlerinin *Lb. casei*'ye ait örneklerde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,01$). Kullanılan bakteri türlerine ve substrat çeşitlerine bağlı olarak üretilen KZYA miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Probiyotik yoğurt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları incelendiğinde; *B. lactis* sayısı 8,05 ile 9,70 \log_{10} kob/g arasında değişmiştir. En düşük *B. lactis* sayısı depolamanın 28. gününde ve en yüksek *B. lactis* sayısı depolamanın 7. gününde ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneğinde (BLG) tespit edilmiştir ($p<0,01$). *B. lactis*'in canlılık oranının ksantan gam içeren probiyotik yoğurt örneğinde (%86,56) kontrol örneğine (%87,82) göre daha az olduğu saptanmıştır. *Lb. casei* sayısı 9,47 ile 10,10 \log_{10} kob/g arasında değişmekte olup, en düşük *Lb. casei* sayısı depolamanın 1. gününde ve en yüksek *Lb. casei* sayısı depolamanın 7. gününde ksantan gam içeren probiyotik yoğurt

örneğinde (LCG) saptanmıştır. *Lb. casei*'nin depolama süresince % canlılık oranının artış gösterdiği, bu artışın ksantan gam içeren örnekte (LCG; %102,01) daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Probiyotik yoğurt örneklerinin laktik asit cinsinden ortalama % titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde ortalama en düşük asitlik değeri %0,74 ile BL (kontrol *B. lactis*) örneğinde, ortalama en yüksek asitlik değeri %1,12 ile LC (kontrol *Lb. casei*) örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince % titrasyon asitliği değerleri %0,67 ile %1,29 arasında değişmiştir. Ortalama titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında en yüksek titrasyon asitliği LC örneğinde, en düşük titrasyon asitliği değeri ise BL örneğinde tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince artış gösterdiği saptanmıştır.

Depolama süresince probiyotik yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerleri 0,00 ile 12,00 mL/25 g arasında değişmekte olup; ortalama en yüksek serum ayrılması değeri (10,80 mL/25 g) LC örneğinde, en düşük (0,22 mL/25 g) serum ayrılması değeri LCG örneğinde saptanmıştır. Depolama süresince en düşük değer 4,87 mL/25 g ile 28. günde, en yüksek değer ise 6,25 mL/25 g ile 1. günde saptanmıştır. Ksantan gam ilavesinin probiyotik yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerlerini azalttığı belirlenmiştir.

Yapılan renk analizleri sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinde en düşük L* değeri 55,11 ile BLG örneğinde, en yüksek L* değeri ise 95,51 ile BL örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük L* değeri 67,96 ile 28. günde, en yüksek L* değeri ise 72,26 ile 1. günde saptanmıştır. Depolama süresince ortalama L* değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. En düşük a* değeri -0,61 ile BL, en yüksek a* değeri ise -4,09 ile LCG örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük a* değeri -2,08 ile 1.günde, en yüksek a* değeri ise -3,01 ile 28. günde saptanmıştır. En düşük b* değeri 0,15 ile BLG örneğinde ve en yüksek b* değeri 9,19 ile BL örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük değer 2,89 ile 1. günde, en yüksek değer ise 6,75 ile 28. günde saptanmıştır. Ksantan gam ilavesinin her iki yoğurtta

da parlaklık (L*) ve sarılık (b*) değerlerini azalttığı, kırmızılıktan yeşile doğru eğilimi arttırdığı (a*) saptanmıştır.

Ksantan gam ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerinde depolamanın 1. ve 28. günlerinde yapılan tekstür analizi sonucunda ortalama en düşük sıklılık değeri (39,05 g) BLG, en yüksek değer (16163,92 g) ise LCG çeşidinde saptanmıştır. Konsistens (gs) değerlerinin 678,99 gs (BLG) ile 7611,40 gs (LCG) arasında değiştiği saptanmıştır. Ortalama iç yapışkanlık değerlerinin -67,39 g ile -147,20 g arasında değiştiği görölmektedir. Ortalama viskozite indeksi değerleri -28,95 gs ile -229,21 gs arasında değişkenlik göstermiştir. Probiyotik yoğurt örneklerinin tekstür değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçlarına göre, depolama süresince örneklerin konsistens, iç yapışkanlık değerleri artmış, viskozite indeksi değerleri azalmıştır.

Yapılan duyuusal analiz sonucunda probiyotik yoğurt örneklerinin renk puan değerleri 4,73 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama en düşük değer 4,88 ile 21. günde, en yüksek değer 4,95 ile 28. günde belirlenmiştir. Görünüş puan değerleri 4,59 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama görünüş değerlerine bakıldığında en düşük değer 4,80 ile 1. günde, en yüksek değer 4,90 ile 28. günde belirlenmiştir. Yapı ve tekstür puan değerleri 4,41 (BLG) ile 5,00 (BL ve LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama yapı ve tekstür puan değerleri incelendiğinde en düşük değer 4,72 ile 1. günde, en yüksek değer 4,85 ile 7. günde belirlenmiştir. Koku puan değerleri 4,87 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama koku puan değerlerine bakıldığında en düşük değer 4,92 ile 28. günde, en yüksek değer 4,95 ile 14. ve 21. günde belirlenmiştir. Asitlik puan değerleri 4,54 (BLG) ile 4,97 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama asitlik puan değerlerine bakıldığında en düşük değer 4,74 ile 14. günde, en yüksek değer 4,88 ile 7. ve 21. günde belirlenmiştir. Tat ve aroma puan değerleri 4,67 (BLG) ile 4,99 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama ortalama en yüksek tat ve aroma değeri 4,87 ile 1. günde, en düşük tat ve aroma değeri ise 4,83 ile 7., 14. ve 21. günlerde belirlenmiştir. Genel kabul edilebilirlik değerleri 4,64 (BLG) ile 5,00 (LC) arasında değişmiştir. Depolama süresince ortalama genel kabul edilebilirlik değerleri arasında en

düşük değer depolamanın 14. gününde 4,82 olarak, en yüksek değer depolamanın 7. gününde 4,88 olarak belirlenmiştir. Duyusal özellikler incelendiğinde, tüm parametreler için ksantan gam içeren örneklerin panelistler tarafından daha az beğenildiği saptanmıştır.

Araştırma bulguları doğrultusunda;

- ✓ Çalışmanın ilk bölümünü oluşturan *in vitro* analiz sonuçları değerlendirildiğinde, ksantan gamın *B. lactis* ve *Lb. casei* tarafından fermente edilebildiği saptanmıştır. Fermantasyon sonucu terapötik etkiye sahip KZYA üretiminin de gerçekleşmesi, gamın fonksiyonel niteliğini artırıcı özelliktedir. Bu sonuçlar, ksantan gamın biyolojik aktiviteye sahip prebiyotik özellikteki oligosakkaritlerin kaynağı olabileceğini de göstermektedir. Ayrıca elde edilen bulgular, karışık mikrobiyal ortamda potansiyel prebiyotik etkisi ile hayvan ve insan denemeleri değerlendirmelerine yönelik yapılacak çalışmaların geliştirilmesine katkı sağlayacak niteliktedir.
- ✓ Probiyotik gıdalarda en önemli sorun, ürünün depolanması süresince mikroorganizmaların aktivitesi ve gelişiminin azalmasına bağlı olarak bakteri sayısının istenen terapötik etkide olmamasıdır. Bu çalışmada, örneklerde ksantan gamın 28 günlük depoma süresince *Lb. casei*'nin gelişimini desteklediği saptanmıştır. Depolama süresince her iki bakteri sayısının da terapötik etki için gerekli olan sayının (10^6 kob/g) üzerinde saptanması, ksantan gamın fonksiyonel bileşen olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, fonksiyonel özelliğin daha fazla probiyotik üründe denenmesi, farklı bakteriler üzerinde etkisinin saptanabilmesi için bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.
- ✓ Örneklerin duyusal özellikleri incelendiğinde, ksantan gam ilavesi ile beğenilirliğin azaldığı saptanmıştır. Duyusal kaliteyi iyileştirmek amacıyla, meyve konsantreleri, çikolata, kakao, vanilya, aroma maddesi, tatlandırıcı gibi katkı maddeleri ile tüketici beğenisine uygun ürün geliştirilebilir.

Süt ürünlerinde farklı tekno-fonksiyonel özellikleri nedeni ile kullanılan ksantan gamın biyolojik aktivite (potansiyel prebiyotik etki) de gösterebileceğinin kanıtlanması bu çalışmanın amacını oluşturmuştur. Bununla birlikte, ksantan gamın prebiyotik etkisinin tam olarak ortaya konulabilmesi için, i) biyokimyasal özellikleri ve polisakkarit kompozisyonu belirlenmeli, ii) gastro intestinal sistemde mikrobiyotanın modülasyonu ve ölçülebilir fizyolojik sonuçları arasında korelasyon olduğuna dair bilimsel kanıtları içeren çalışmalar yapılmalı, iii) sağlık üzerine yararlı etkileri ve modülasyon özellikleri gibi karakteristikleri tespit edilmeli, iv) minimum semptom ve yan etkileri olan güvenli tüketim seviyeleri oluşturulmalı ve v) konakçı mikrobiyotasını uzun süreli zararlı etkileri olacak şekilde değiştirmedeği ispatlanmalıdır. Ayrıca, ksantan gam ile farklı probiyotik türleri içeren ürün formülasyonlarının tasarlanarak en uygun konsantrasyon ve bakteri suşunun da belirlenmesine yönelik çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbaszadeh, A., Lad, M., Janin, M., Morris, G., MacNaughtan, W., Sworn, G., Foster, T. 2015.** A novel approach to the determination of the pyruvate and acetate distribution in xanthan. *Food Hydrocolloid*, 44: 162-171.
- Abuajah, C.I. Ogbonna, A.C., Osuji, C.M. 2015.** Functional components and medicinal properties of food. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 2522-9.
- Aghajanpour, M., Nazer, M.R., Obeidavi, Z., Akbari, M., Ezati, P., Kor, N.M. 2017.** Functional foods and their role in cancer prevention and health promotion: a comprehensive. *American Journal of Cancer Research*, 7(4): 740-769.
- Aguilar-Toalá, J.E., Garcia-Varela, R., Garcia, H.S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A.F., Vallejo-Cordoba, B., Hernández-Mendoza, A. 2018.** Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science & Technology*, 75: 105-114.
- Akahn, A.S, Gönç, S., Ünal, G., Fenderya, S. 2007.** Effect of fructooligosaccharide and whey protein concentrate on the viability of starter culture in reduced fat probiotic yogurt during storage. *Journal of Food Science*, 72(7): 222-227.
- Akahn, A.S., Unal, G., Dinkci, N., Hayaloglu, A.A. 2012.** Microstructural, textural and sensory characteristics of probiotic yoghurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95: 3617-3628.
- Akan, E., Kınık, Ö. 2015.** Gıda üretimi ve depolanması sırasında probiyotiklerin canlılıklarını etkileyen faktörler. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2): 155-166.
- Akkoç, N., Şanlıbaba, P., Akçelik, M. 2016.** Bakteriyosinler: Alternatif gıda koruyucuları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25: 1-2.
- Alak, G. 2011.** Probiyotik ve prebiyotiklerin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) bağırsak florası ile filetoLARının bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkileri. *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Erzurum.
- Al-Ghazzewi, F.H., Khanna, S., Tester, R.F., Piggott, J. 2007.** The potential use of hydrolysed konjac glucomannan as a prebiotic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9): 1758-1766.
- Ali Azhari, A. 2011.** Isolation and identification of lactic acid bacteria isolation from traditional drinking yogurt in Khartoum State, Sudan. *Current Research in Bacteriology*, 4(1): 16-22.
- Alpaslan, M., Gündüz, H.H. 2000.** Süt mikrobiyolojisi ve katkı maddeleri: VI. Süt ve süt ürünleri sempozyumu tebliğler kitabı, Editör: Demirci, M., Tekirdağ, s. 500-508.
- Al-Sheraji, S.H., Ismail, A., Manap, M.Y., Mustafa, S., Yusof, R.M., Hassan, F.A. 2013.** Prebiotics as functional foods. *Journal of Functional Foods*, 5(4):1542-1553.

- Amil-Dias, J., Kolacek, S., Turner, D., Pærregaard, A., Rintala, R., Afzal, N.A., Karolewska-Bochenek, K., Bronsky, J., Chong, S., Fell, J., Hojsa, I., Hugot, J.P., Koletzko, S., Kumar, D., Lazowska-Przeorek, I., Lillehei, C., Lionetti, P., Martin-de-Carpi, J., Pakarinen, M., Ruemmele, F.M., Shaoul, R., Spray, C., Staiano, A., Sugarman, I., Wilson, D.C., Winter, H., Kolho, K.L. 2017.** Surgical management of crohn disease in children: Guidelines from the Paediatric IBD Porto Group of ESPGHAN. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(5): 818-835.
- Amin, M., Jorfi, M., Khosravi, A.D., Samarbafzadeh, A.R., Farajzadeh Sheikh A. 2009.** Isolation and identification of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum* from plants by PCR and detection of their antibacterial activity. *International Journal of Biology Science*, 9(8): 810-814.
- Amund, O.D. 2016.** Exploring the relationship between exposure to technological and gastrointestinal stress and probiotic functional properties of Lactobacilli and Bifidobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 62(9): 715-725.
- Amutha, K., Kokila, V. 2015.** Cholesterol lowering property of Lactobacillus plantarum isolated from cow milk. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(3): 1184-1189.
- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Arés, I., Martínez, M.A. 2016.** Prebiotics and probiotics: An assessment of their safety and health benefits: Probiotics, prebiotics, and synbiotics, Ed.: Ross, R., Preedy, V.R., Elsevier Inc., pp: 3-23.
- Anadon, A., Martinez, L., Martinez, M.A. 2006.** Probiotics for animal nutrition in the European Union Regulation and Safety Assessment.
- Anonim 2009.** Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/25).
- Anonim 2017a.** Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği Ek-6.
https://members.wto.org/crnattachments/2016/TBT/TUR/16_0109_00_x.pdf.
(Erişim Tarihi: 22.02.2019)
- Anonim 2017b.** Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. Ek-2 Hastalık Riskinin Azaltılmasına, Çocukların Gelişimi ve Sağlığına İlişkin Beyanlar Dışındaki Sağlık Beyanları Listesi. Resmî Gazete Sayı: 29960 (Mükerrer), <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/95841>
- Anonim 2009.** Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, (Tebliğ No: 2009/25), Ankara.
- Anonim 2013a.** Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 30.06.2013.
- Anonim 2013b.** Gıdalarda kullanılan kimyasallar, <http://www.igdirsm.gov.tr/component/content/article/109-saglik/1213-hazrgdalarda-kullanlan-kimyasallar>, (Erişim tarihi: 21.04.2013).
- Antunes, A.E.C., Liserre, A.M., Coelho, A.L.A., Menezes, C.R., Moreno, I., Yotsuyanagi, K., Azambuja, N.C. 2013.** Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie-Food Science and Technology*, 54: 125-131.

- AOAC 2000.** Official methods of analysis: Association of official analytical chemists, Ed.: Horwitz, W., Washington, DC, USA, 1213 pp.
- Aryana, K.J., Olson, D.W. 2017.** A 100-year review: yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12): 9987–10013.
- Aydemir, O. 2010.** Kars kaşar peynirinin karakterizasyonu. *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Ayichew, T., Belete, A., Alebachew, T., Tsehaye, H., Berhanu, H., Minwuyelet, A. 2017.** Bacterial probiotics their importances and limitations: A review. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 4(2): 1-8.
- Azmi, A.F.M.N., Mustafa, S., Hashim, D.Md., Manap, Y.A. 2012.** Prebiotic activity of polysaccharides extracted from *Gigantochloa Levis* (Buluh beting) shoots. *Molecules*, 17(2): 1635–1651.
- Bahrami, M., Ahmadi, D., Alizadeh, M., Hosseini, F. 2013.** Physicochemical and sensorial properties of probiotic yogurt as affected by additions of different types of hydrocolloid. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(3): 363-368.
- Bahramparvar, M., Mazaheri Tehrani, M. 2011.** Application and functions of stabilizers in ice cream. *Journal Food Reviews International*, 27(4): 389-407.
- Bakırcı, İ., Şahan Tohma, G., Kavaz Yüksel, A. 2015.** Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 13(2): 127-134.
- Belorkar, S., Gupta, A.K. 2016.** Oligosaccharides: a boon from nature's desk. *AMB Express*, 6(1): 82.
- Biavati, B., Mattarelli, P. 2012.** The Actinobacteria, Part A and B. Genus I. Bifidobacterium : Phylum XXVI. Actinobacteria phyl. Nov, Ed.: Goodfellow, M., Kampfer, P., Busse, H.J., Trujillo, M.E., Suzuki, K.I., Ludwig, W., Whitman, W.B., Springer, New York, pp: 171-206.
- Bindels, L.B., Delzenne, N.M., Cani, P.D., Walter, J. 2015.** Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 12(5): 303-310.
- Binns, N. 2013.** Probiotics, prebiotics and the gut microbiota. *International Life Sciences Institute*, Belgium, 31 pp.
- Boets, E., Deroover, L., Houben, E., Vermeulen, K., Gomand, S.V., Delcour, J.A., Verbeke, K. 2015.** Quantification of *in vivo* colonic short chain fatty acid production from inulin. *Nutrients*, 7(11): 8916-8929.
- Boylston, T.R., Vinderola, C.G., Ghoddusi, H.B., Reinheimer, J.A. 2004.** Incorporation of *Bifidobacteria* into cheeses: Challenges and rewards. *International Dairy Journal*, 14(5): 375-387.
- Boza-Mendez, E., Lopez-Calvo, R., Cortes-Muñoz, M. 2012.** Innovative dairy products development using probiotics: Challenges and limitations in probiotics, Ed.: Rigobelo, E., pp: 213–226.
- Bruno, F.A., Lankaputhra, W.E.V., Shah, N.P. 2002.** Growth, viability, and activity of *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing prebiotics. *Journal of Food Science*, 67(7): 2740-2744.
- Budak Bağdath, A., Kundakçı, A. 2013.** Fermente et ürünlerinde probiyotik mikroorganizmaların kullanımı. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1): 31-37.

- Burey, P., Bhandari, B.R., Howes, T., Gidley, M.J. 2008.** Hydrocolloid gel particles: formation, characterization, and application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5): 361–377.
- Butnariu, M., Sarac, I. 2019.** Functional food. *International Journal Of Nutrition*, 3(3): 7-16.
- Caciano, P., Noreña, Z., Bayarri, S., Costell, E. 2014.** Effects of xanthan gum additions on the viscoelasticity, structure and storage stability characteristics of prebiotic custard desserts. *Food Biophysics*, 10(2): 116–128.
- Calame, W., Weseler, A.R., Viebke, C., Flynn, C., Siemensma, A.D. 2008.** Gum arabic establishes prebiotic functionality in healthy human volunteers in a dose-dependent manner. *British Journal of Nutrition*, 100: 1269–1275.
- Cardarelli, R.H., Saad, S.M.I., Gibson, G.R., Vulevic, J. 2007.** Functional petisuisse cheese: Measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*, 13: 200-207.
- Ceyhan, N., Alç, H. 2012.** Bağırsak mikroflorası ve probiyotikler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1): 107-113.
- Chaen, H. 2010.** Pullulan: Food stabilisers, thickeners and gelling agents, Ed.: Imeson, A., Blackwell Publishing Ltd., pp: 266-273.
- Cho, H.M., Yoo, B. 2015.** Rheological characteristics of cold thickened beverages containing xanthan gum-based food thickeners used for dysphagia diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(1): 106–111.
- Ciarlo, E., Heinonen, T., Herderscheei, J., Fenwick, C., Mombelli, M., Le Roy, D., Roger, T. 2016.** Impact of the microbial derived short chain fatty acid propionate on host susceptibility to bacterial and fungal infections *in vivo*. *Scientific Reports*, 6: 37944.
- Coşkun, T. 2011.** İmmünonütrisyondan farmakonütrisyona. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 54(3): 164-181.
- Coşkun, T. 2014.** Teoriden kliniğe prebiyotikler, probiyotikler: Probiyotikler, Editörler: Kara, A.C.T., Akademi Yayınevi, İstanbul, s. 56-71.
- Crittenden, R. 2004.** An update on probiotic Bifidobacteria: Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects, Ed.: A. Wright, V., Ouwehand, A., Dekker, M., Salminen, S., New York, pp: 125-157.
- Cronin, M., Ventura, M., Fitzgerald, G.F., Van Sinderen, D. 2011.** Progress in genomics, metabolism and biotechnology of *bifidobacteria*. *International Journal of Food Microbiology*, 149(1): 4-18.
- Çelikyurt, G., Arıcı, M. 2008.** Gıda koruyucusu olarak mikrobiyal kaynaklı organik asitler ve önemi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs,2008, Erzurum.
- Çevik, G.B. 2013.** Peynir altı suyu tozu ve turunç ekstresi ilavesinin probiyotik yoğurtların bazı özelliklerine etkilerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Da Silveria, E.O., Lopes Neto, J.H., Da Silva, L.A., Raposo, A.E.S., Magnani, M., Cardarelli, H.R. 2015.** The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 445-451.
- Das, R., Biswas, S., Banerjee, E.R. 2016.** Nutraceutical-prophylactic and therapeutic role of functional food in health. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 6(4): 1-17.

- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M. Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Seyed Jalil Masoumi, Berenjian, A., Ghasemi, Y. 2019.** Prebiotics: Definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3): 92.
- De Morais, E.C., Lima, G.C., De Morais, A.R., Bolini, H.M.A. 2015.** Prebiotic and diet/light chocolate dairy dessert: Chemical composition, sensory profiling and relationship with consumer expectation. *LWT- Food Science and Technology*, 62: 424-430.
- De Sant'Anna, F.M., Acurcio, L.B., Alvim, L.B., De Castro, R.D., De Oliveira, L.G., Da Silva, A.M., Souza, M.R. 2017.** Assessment of the probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from Minas artisanal cheese produced in the Campo das Vertentes region, Brazil. *International Journal of Dairy Technology*, 70(4): 592-601.
- De Vrese, M., Schrezenmeir, J. 2008.** Probiotics, prebiotics, and synbiotics: Food biotechnology. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 111: 1-66.
- Del Castillo, M.D., Iriando-DeHond, A., Martirosyan, D.M. 2018.** Are functional foods essential for sustainable health? *Annals of Nutrition & Food Science*, 2(1): 1015.
- Delikanlı Kıyak, B. 2018.** Yenilebilir mantarın (*Cordyceps Militaris*) potansiyel prebiyotik aktivitesinin ve süt fermantasyonu üzerine etkisinin belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Demirci, M., Sağdıç, O., Çavuş, M., Pehlivanoğlu, H., Yılmaz, M.T., Çağlar, M.Y. 2017.** Prebiyotik oligosakkaritlerin kaynakları, üretimleri ve gıda uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(10): 20-31.
- Den Besten, G., Van Eunen, K., Groen, A.K, Venema, K., Reijnegound, D.J., Bakker, B.M. 2013.** The role of short chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota and host energy metabolism. *Journal of Lipid Research*, 54(9): 2325-2340.
- Dickinson, E. 2003.** Hydrocolloids as interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17(1): 25-39.
- Dietrich, C.G., Kottmann, T., Alavi, M. 2014.** Commercially available probiotic drinks containing *Lactobacillus casei* Dn-114001 reduce antibiotic-associated diarrhea. *World Journal of Gastroenterology*, 20(42): 15837–15844.
- Dirican, L.K. 2017.** Probiyotik yoğurdun fizyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine çam balının etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Doron, S., Snyderman, D.R. 2015.** Risk and safety of probiotics. *Clinical Infectious Diseases*, 60(2): 129-134.
- Dwivedi, G., Fitz, L., Hegen, M., Martin, S.W., Harrold, J., Heatherington, A., Li, C. 2014.** A multiscale model of interleukin-6-mediated immune regulation in Crohn's disease and its application in drug discovery and development. *CPT Pharmacometrics and Systems Pharmacology*, 3: 89.
- Ebner, S., Smug, L.N., Kneifel, W., Salminen, S.J., Sanders, M.E. 2014.** Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union. *World Journal of Gastroenterology*, 20(43): 160-195.
- EFSA 2016.** Update of the list of Qps-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 4: suitability of taxonomic units notified to EFSA until March 2016. *EFSA Journal*, 14: e04522.

- EFSA 2017.** Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 7: suitability of taxonomic units notified to EFSA until September 2017. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5131>. (Erişim tarihi: 29.05.2018).
- El-Sayed, E.M., Abd El-Gawad, I.A., Murad, H.A., Salah, S.H. 2002.** Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *European Food Research and Technology*, 215: 298–304.
- Erem, F., Küçükçetin, A., Certel, M. 2013.** Bacillus türlerinin probiyotik olarak değerlendirilmesi. *Gıda*, 38(4): 247-254.
- Eroğlu, E. 2019.** Stevia katkılı probiyotik yoğurtlarda bakteri canlılığının ve ürün özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Espírito-Santo, A.P., Perego, P., Converti, A., Oliveira, M.N. 2011.** Influence of food matrices on probiotic viability: A review focusing on the fruity bases. *Trends in Food Science and Technology*, 22(7): 377-385.
- Evren, M., Apan, M., Tutkun, E., Evren, S. 2011.** Geleneksel fermente gıdalarda bulunan laktik asit bakterileri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 9(1): 11-17.
- Everett, D., McLeod, R. 2005.** Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 15(11): 1175–1183.
- Farhadi, G.B., Khosravi-Darani, K., Nasernejad, B. 2012.** Enhancement of xanthan production on date extract using response surface methodology. *Asian Journal of Chemistry*, 24(9): 129-133.
- Favaro-Trindade, C.S., Oliveira, A.C., Moretti, T.S., Boschini, C., Baliero, O., Freitas, J.C.C. 2007.** Stability of microencapsulated *B. lactis* (BI 01) and *L. acidophilus* (LAC 4) by complex coacervation followed by spray drying. *Journal of Microencapsulation*, 24(7): 685-693.
- Fernández, M., Hudson, J.A., Korpela, R., Reyes-Gavilán, C.G. 2015.** Impact on human health of microorganisms present in fermented dairy products: an overview. *BioMed Research International*, 412714: 13.
- Fijan, S. 2014.** Microorganisms with claimed probiotic properties: An overview of recent literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11: 4745-4767.
- Fonteles, T.V., Rodrigues, S. 2018.** Prebiotic in fruit juice: processing challenges, advances, and perspectives. *Current Opinion in Food Science*, 22: 55-61.
- Freitas, F., Alves, V.D., Reis, M.A. 2015.** Bacterial polysaccharides: production and applications in cosmetic industry. *Polysaccharides*, 27: 2017-2043.
- Fujii, A., Cook, E.S. 1973.** Probiotics. Antistaphylococcal and antifibrinolytic activities of omega-guanidino acids and omega-guanidinoacyl-L-histidines. *Journal of Medical Chemistry*, 16(12): 1409-1411.
- Fuller, R., 1989.** Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Microbiology*, 66(5): 365-378.
- Fung, K.Y., Cosgrove, L., Lockett, T., Head, R., Topping, D.L. 2012.** A review of the potential mechanisms for the lowering of colorectal oncogenesis by butyrate. *British Journal of Nutrition*, 108(5): 820-31.
- Galdeano, C.M., Cazorla, S.I., Dumita, J.M.L., Véleza, E., Perdígón, G. 2019.** Beneficial effects of probiotic consumption on the immune system. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 74(2): 115–124.

- Gasmalla, M.A.A., Alahmad, K., Hassanin, H.A.M., Tessema, H.A., Salaheldin, A., Aboshora, W. 2017.** Health benefits of milk and functional dairy products. *MOJ Food Processing & Technology*, 4(4): 108-111.
- Gavlighi, H.A., Michalak, M., Meyer, A.S., Mikkelsen, J.D. 2013.** Enzymatic DE polymerization of gum tragacanth: Bifidogenic potential of low molecular weight oligosaccharides. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 61: 1272-1278.
- George Kerry, R., Patra, J.K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H.S., Das, G. 2018.** Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3): 927-939.
- Ghasempour, Z., Alizadeh, M., Bari, M.R. 2012.** Optimization of probiotic yoghurt production containing zedo gum. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1): 118-125.
- Ghashghaei, T., Soudi, M.R., Hoseinkhani, S. 2016.** Optimization of xanthan gum production from grape juice concentrate using Plackett-Burman design and response surface methodology. *Applied Food Biotechnology*, 3(1): 15–23.
- Gibson, G.R., Beatty, E.R., Wang, X., Cummings, J.H. 1995.** Selective stimulation of Bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology*, 108: 975-982.
- Gibson, G.R., Roberfroïd, M.B. 1995.** Dietary modulation of the human colonie microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125: 1401-1412.
- Gibson, G.R., Hutkins, R., Sanders, M.E., Prescott, S.L., Reimer, R.A., Salminen, S.J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K.S., Cani, P.C., Verbeke, K., Reid, G. 2017.** Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14(8): 491–502.
- Gibson, G.R., Probert, H.M., Van Loo, J., Rastall, R.A., Roberfroid, M.B. 2004.** Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17(02): 259-275.
- Gibson, R., Scott, K.P., Rastall, R.A., Tuohy, K.M., Hotchkiss, A., Dubert-Ferrandon, A., Gareau, M., Murphy, E.F., Saulnier, D., Loh, G., Macfarland, S., Delzenne, N., Ringel, Y., Kozianowski, G., Dickmann, R., Lenoir-Winjkooop, I., W., Walker, C., Buddington, R. 2010.** Dietary prebiotics: Current status and new definition. *Food Science and Technology*, 7(1): 1-19.
- Goldstein, E.J.C., Tyrrell, K.L., Citron, D.M. 2015.** Lactobacillus species: Taxonomic complexity and controversial susceptibilities. *Clinical Infectious Diseases*, 60(2): 98–107.
- Gomez, E., Tuohy, K.M., Gibson, G.R., Klinder, A., Costabile, A. 2010.** *In vitro* evaluation of the fermentation properties and potential prebiotic activity of agave fructans. *Journal of Applied Microbiology*, 108: 2114-2121.
- Grant, M.C., Baker, S.J. 2017.** An overview of the effect of probiotics and exercise on mood and associated health conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(18): 3887–3893.

- Guarner, F., Sanders, M.E., Eliakim, R., Fedorak, R., Gangl, A., Garisch, J., Kaufmann, P., Karakan, T., Khan, A.G., Kim, N., De Paula, J.A., Ramakrishna, B., Shanahan, F., Szajewska, H., Thomson, A., Le Mair, A. 2017.** Probiotics and prebiotics. *World Gastroenterology Organisation Global Guidelines*, Milwaukee, WI, 13 April 2017, USA.
- Guimarães, J.T., Balthazar, C.F., Scudino, H., Pimentel, T.C., Esmerino, E.A., Ashokkumar, M., Freitas, M.Q., B Cruz, A.G. 2019.** High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. *Ultrasonics Sonochemistry*, 57: 12–21.
- Gürgün, V., Halkman, K. 1990.** Standarda dayalı sayım yöntemleri: Mikrobiyolojide sayım yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği*, 7: 1-6.
- Hansen, M.E. 2012.** Probiotic *Lactobacillus acidophilus* NCFM and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BI-04 interactions with prebiotic carbohydrates using differential proteomics and protein characterization. *Ph. D. Thesis*, Technical University of Denmark, Enzyme and Protein Chemistry, Department of Systems Biology, Denmark.
- Hashemi, S.M., Shahidi, F., Mortazavi, S.A., Milani, E., Eshaghi, Z. 2013.** Metabolism of extracted inulin from Helianthus tuberosus by *Lactobacillus* strains isolated from traditional Kordish cheese. *International Food Research Journal*, 20(6): 3283-3286.
- Havenaar, R., Huisin 't Veld, J.H.J. 1992.** The lactic acid bacteria in health and disease: Probiotics, Ed.: Wood, B.J.B., Springer Publishing, New York, USA, pp: 151-170.
- He, S.B., Hong, X.Y., Huang, T.X., Zhang, W.Q., Zhou, Y.X., Wu, L.N., Yan, X.M. 2017.** Rapid quantification of live/dead lactic acid bacteria in probiotic products using high-sensitivity flow cytometry. *Methods and Applications in Fluorescence*, 5(2): 1-9.
- Hematyar, N., Samarin, A.M., Poorazarang, H., Elhamirad, A.H. 2012.** Effect of gums on yogurt characteristics. *World Applied Sciences Journal*, 20(5): 661-665.
- Heyman, M., Ménard, S. 2002.** Probiotic microorganisms: how they affect intestinal pathophysiology. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 59(7): 1151-1165.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G.R., Merenstein, D.J., Pot, B. 2014.** Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8): 506.
- Hill, D., Sugrue, I., Tobin, C., Hill, C., Stanton, C., Ross, R.P. 2018.** The *Lactobacillus casei* group: History and health related applications. *Frontiers in Microbiology*, 10(9): 2107.
- Huang, C.H., Li, S.W., Huang, L., Watanabe, K. 2018.** Identification and classification for the *Lactobacillus casei* group. *Frontiers in Microbiology*, 9: 1974.
- Huebner, J., Wehling, R.L., Hutkins, R.W. 2007.** Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 17: 770-775.
- Hunter, P.M., Hegele, A.R. 2017.** Functional foods and dietary supplements for the management of dyslipidaemia. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 13(5): 278-288.

- Hutkins, R.W., Krumbeck, J., Bindels, L.B., Cani, P.D., Fahey, G., Goh, Y.J., Hamaker, B., Martens, E.C., Mills, D., Rastal, R., Vaughan, E., Sanders, M.E. 2016. Prebiotics: Why definitions matter. *Current Opinion in Biotechnology*, 37: 1-7.
- Imeson, A. 2010. Food stabilizers, thickeners and gelling agents. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 343 pp.
- Immerseel, V.F., Boyen, F., Gantois, I., Timbermont, L., Bohez L., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Ducatelle, R. 2005. Supplementation of coated butyric acid in the feed reduces colonization and shedding of *Salmonella* in poultry. *Poultry Science*, 84(12): 1851–1856.
- Iranmanesh, M., Ezzatpanah, H., Mojgani, N. 2014. Antibacterial activity and cholesterol assimilation of lactic acid bacteria isolated from traditional Iranian dairy products. *Food Science and Technology*, 58: 355-359.
- Isanga, J., Zhang, G.N. 2008. Screening of stabilizers for peanut milk based set yoghurt by assessment of whey separation, gel firmness and sensory quality of the yoghurt. *American Journal of Food Technology*, 3(2): 127-133.
- Izadi, Z., Nasirpour, A., Garoosi, G.A., Tamjidi, A. 2015. Rheological and physical properties of yogurt enriched with phytosterol during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8): 5341–5346.
- Jaddu, S., Katam, S. 2018. Hub of health: Nutraceuticals and functional foods. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2): 1327-1331.
- Jan, G., Leverrier, P., Proudly, I., Roland, N. 2002. Survival and beneficial effects of propionic bacteria in the human gut: in vivo and in vitro investigations. *Lait*, 82: 131-144.
- Jantzen, C., Häussermann, V., Försterra, G., Laudien, J., Ardelan, M., Maier, S., Richter, C. 2013. Occurrence of a cold-water coral along natural pH gradients (Patagonia, Chile). *Marine Biology*, 160: 2597–2607.
- Kabeerdoss, J., Devi, R.S., Mary, R.R., Prabhavathi, D., Vidya, R., Mechenro, J., Mahendri, N.V., Pugazhendhi, S., Ramakrishna, B.S. 2011. Effect of yoghurt containing *Bifidobacterium lactis* Bb12® on faecal excretion of secretory immunoglobulin A and human beta-defensin 2 in healthy adult volunteers. *Nutrition Journal*, 10(138): 1-4.
- Kailasapathy, K., Rybka, S. 1997. *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. – their therapeutic potential and survival in yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 52: 28-35.
- Kandil, M., Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar Bayizit, A. 2017. Gamların prebiyotik özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi Dergisi*, 18: 18-26.
- Karimi, R., Mortazavian, A.M., Cruz, A.G. 2011. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. *Dairy Science & Technology*, 91(3): 283–308.
- Karlton-Senaye, B.D., Ibrahim, S.A. 2013. Impact of gums on the growth of probiotics. *Agro Food Industry Hi Tech*, 24(4): 10-14.
- Karlton-Senaye, B.D., Tahergorabi, R., Giddings, V.L., Ibrahim, S.A. 2015b. Effect of gums on viability and b-galactosidase activity of *Lactobacillus* spp. in milk drink during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 32-40.

- Karlton-Senaye, B.D., Williams, L., Ibrahim, S.A. 2015a.** Comparing the effect of gums on the growth of lactobacillus species in laboratory medium and fluid milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 2(3): 85-89.
- Kato, K., Odamaki, T., Mitsuyama, E., Sugahara, H., Xiao, J., Osawa, R. 2017.** Age-related changes in the composition of gut *Bifidobacterium* species. *Current Microbiology*, 74(8): 987–995.
- Kaur, L., Singh, J., Singh, H. 2009.** Characterization of gum ghatti (*Anogeissus latifolia*): A structural and rheological approach, *Journal of Food Science*, 74(6): 328-332.
- Kaur, M., Singh, H., Jangra, M., Kaur, L., Jaswal, P., Dureja, C., Pinnaka, A.K. 2017.** Lactic acid bacteria isolated from yak milk show probiotic potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(20): 7635-7652.
- Kaur, N., Singh, D.P. 2017.** Deciphering the consumer behaviour facets of functional foods: A literature review. *Appetite*, 112: 167-187.
- Kawai, T., Ohshima, T., Shin, R., Ikawa, S., Maeda, N. 2016.** Determination of the antibacterial constituents produced by Lactobacilli against a periodontal pathogen: Sodium lactate and a low molecular weight substance. *Journal of Probiotics & Health*, 4(1359): 1-7.
- Keogh, M.K., O’Kennedy, B.T. 1998.** Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. *Journal of Food Science*, 63(1): 108-112.
- Khalifa, F.K. 2017.** Prebiotics as fat replacers. *International Journal of Advanced Research*, 5(6): 1466-1473.
- Khosravi-Darani, K., Reyhani, F.S., Nejad, B., Farhadi, G.B.N. 2013.** Bench scale production of xanthan from date extract by *Xanthomonas campestris* in submerged fermentation using central composite design. *African Journal of Biotechnology*, 10(62): 13520–13527.
- Kızıltaç, U. 2017.** Kronik spontan ürtikerli hastalarda standart birinci basamak tedavi ile birlikte probiyotik kullanılmasının ürtiker aktivite skorları üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Kim, S.G., Yoo, W., Yoo, B. 2014a.** Effect of thickener type on the rheological properties of hot thickened soups suitable for elderly people with swallowing difficulty. *Preventive Nutrition and Food Science*, 19(4): 358–362.
- Kim, S.G., Yoo, W., Yoo, B. 2014b.** Relationship between apparent viscosity and line spread test measurement of thickened fruit juice prepared with a xanthan gum-based thickener. *Preventive Nutrition and Food Science*, 19(3): 242–245.
- Kodaz, D. 2013.** Fonksiyonel gıdalar. T.C Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kodeks Daire Başkanlığı, Ankara.
- Kolb, H. 1955.** Die behandlung acuter infekte unter dem gesichtswinkel der prophylaxe chronischer leiden. Über die behandlung mit physiologischen bakterien. *Microecology and Therapy*, 1: 15-19.
- Kollath, W. 1953.** Nutrition and the tooth system; general review with special reference to vitamins. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 8(11): 7-16.
- Kondepudi, K.K., Ambalam, P., Nilsson, I., Wadström, T., Ljungh, A. 2012.** Prebiotic non-digestible oligosaccharides preference of probiotic *Bifidobacteria* and antimicrobial activity against *Clostridium difficile*. *Anaerobe*, 18(5): 489-497.

- Kongruang, S., Thakonthawat, M., Promtu, R. 2005.** Growth kinetics of xanthan production from uneconomical agricultural products with *Xanthomonas campestris* TISTR 1100. *Journal of Applied Sciences*, 4: 78–88.
- Köroğlu, Ö., Bakır, E., Uludağ, G., Köroğlu, S. 2015.** Kefir ve sağlık. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(1): 26-30.
- Krasaekoopt, W., Watcharapoka, S. 2014.** Effect of addition of inulin and galactooligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. *LWT-Food Science and Technology*, 57: 761-766.
- Kumar, M., Behare, P.V., Mohania, D., Arora, S., Kaur, A., Nagpal, R. 2009.** Health-promoting probiotic functional foods: Potential and prospects. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 20: 29–33.
- Kuznetsova, T.A., Zaporozhets, T.S., Makarenkova, I.D. 2012.** The prebiotic potential of polysaccharides from the brown alga *Fucus evanescens* and significance for the clinical use. *Tikhookeanskii Medical Journal*, 1: 37-40.
- Lamba, J., Goomer, S., Saxena, S.K. 2019.** Study the lactic acid bacteria content in traditional fermented Indian drink: Kanji. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16: 100-143.
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J. 2006.** Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39: 1084-1091.
- Li, H., Ho, V.T.T., Turner, M.S., Dhital, S. 2016.** Encapsulation of *Lactobacillus plantarum* in porous maize starch. *LWT- Food Science and Technology*, 74: 542-549.
- Li, J.M., Nie, S.P. 2016.** The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in food. *Food Hydrocolloids*, 53: 46-61.
- Lilly, D.M., Stillwell, R.H. 1965.** Probiotics: Growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659): 747–748.
- Lindsay, K.L., Brennan, L., Kennelly, M.A., Maguire, O.C., Smith, T., Curran, S., Coffey, M., Foley, M.E., Hatunic, M., Shanahan, F., McAuliffe, F.M. 2015.** Impact of probiotics in women with gestational diabetes mellitus on metabolic health: a randomized controlled trial. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 212(4): 496.
- Lohner, S., Küllenberg, D., Antes, G., Decsi, T., Meerpohl, J.J. 2014.** Metabolic benefits of dietary prebiotics in human subjects: a systematic review of randomised controlled trials. *Clinical Nutrition*, 34: 958–965.
- Longdet, I.Y., Kutshik, R.J., Nwoyeocha, I.G. 2011.** The probiotic efficacy of lactobacillus of *Lactobacillus casei* from human breast milk against Shigellosis in albino rats. *Advances in Biotechnology & Chemical Processes*, 1: 12-16.
- Lucey, J.A. 2002.** Foundation scholar award formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 85: 281-294.
- Macfabe, D.F., Cain, D.P., Rodriguez-Capote, K., Franklin, A.E., Hoffman, J.E., Boon, F., Taylor, R., Kavaliers, M., Ossenkoop, K.P. 2007.** Neurobiological effects of intraventricular propionic acid in rats: Possible role of short chain fatty acids on the pathogenesis and characteristics of autism spectrum disorders. *Behavioural Brain Research*, 176(1): 149-169.

- Macfarlane, G.T., Macfarlane, S., Gibson, G.R. 1998.** Validation of a three-stage compound continuous culture system for investigating the effect of retention time on the ecology and metabolism of bacteria in the human colon. *Microbial Ecology*, 35(2): 180-187.
- Maischberger, T., Nguyen, T., Gugler, J., Zehetner, R., Splechna, B., Kneifel, W., Rastall, A.R., Halritsch, D. 2009.** Investigations on the prebiotic effect of a novel galactooligosaccharide mixture: using pure and mixed culture fermentations: Biocatalytic synthesis of prebiotic galacto-oligosaccharides: From enzyme production to product formation, Ed.: Maischberger, T., University of Natural Resource and Applied Life Sciences, Department of Food Science and Technology, Vienna, pp: 87-104.
- Malashree, L., Angadi, V., Yadav, K.S., Prabha, R. 2019.** Postbiotics - one step ahead of probiotics. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(1): 2049-2053.
- Mandalari, G., Faulks, R.M., Bisignano, C., Waldron, K.W., Narbad, A., Wickham, M.S.J. 2010.** *In vitro* evaluation of the prebiotic properties of almond skins (*Amygdalus communis L.*). *FEMS Microbiology Letters*, 304: 116-122.
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T., Ramaswamy, H.S. 2001.** Rheological properties of selected hydrocolloid as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34: 695-703.
- Markowiak, P., Śliżewska, K. 2017.** Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9): 1-30.
- Martins, I.M., Chen, Q., Chen, C.Y.O. 2017.** : Wild plants, mushrooms and nuts: Functional food properties and applications: Emerging functional foods derived from almonds, First Edition. Ed.: Ferreira, I.C.F.R., Morales, P., Barros, L., John Wiley & Sons, Ltd., pp: 445-469.
- Masco, L., Vanhoutte, T., Temmerman, R., Swings, J. 2007.** Quantification of Bifidobacteria in probiotic products by real-time PCR targeting the 16S rRNA and recA genes. *International Journal of Food Microbiology*, 113(3): 351-357.
- Masood Sadiq, B., Naureen, S., Mian Kamran, S., Muhammad, N. 2007.** Guar gum: a miracle therapy for hypercholesterolemia, hyperglycemia and obesity, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(4): 389.
- Maukonen, J., Mattö, J., Suihko M.L., Saarela, M. 2008.** Intra-individual diversity and similarity of salivary and faecal microbiota. *Journal of Medical Microbiology*, 57: 1560–1568.
- McNabney, S.M., Henagan, T.M. 2017.** Short chain fatty acids in the colon and peripheral tissues: A focus on butyrate, colon cancer, obesity and insulin resistance. *Nutrients*, 9(12): 1–28.
- McSweeney, P.L.H., Ottogalli, G., Fox, P.F. 2004.** Diversity of cheese varieties: an overview. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2: 1-23.
- Meira, Q.G.S., Magnani, M., de Medeiros Junior, F.C., Queiroga, R.d.C.R.d.E., Madruga, M.S., Gullón, B., de Souza, E.L. 2015.** Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 76: 828-838.
- Meybodi, N.M., Mortazavian, A.M. 2017.** probiotic supplements and food products: A comparative approach. *Biochemical Pharmacology*, 6(2): 1-7.

- Milani, J., Maleki, G. 2012.** Hydrocolloids in food industry: Food industrial processes – methods and equipment, Ed.: Valdez, B., Intech, pp: 17-38.
- Miremadi, F., Sherkat, F., Stojanovska, L. 2016.** Hypocholesterolaemic effect and anti-hypertensive properties of probiotics and prebiotics: A review. *Journal of Functional Foods*, 25: 497–510.
- Mishra, R., Tandon, S., Rathore, M., Banerjee, M. 2016.** Antimicrobial efficacy of probiotic and herbal oral rinses against candida albicans in children: A randomized clinical trial. *International Journal Of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(1): 25.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Neyestani, T.R., Mortazavian, A.M. 2014.** Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4): 1812–1818.
- Moosa, A.S.M., Rashid, M.U., Asadi, A.Z.S., Ara, N., Uddin, M.M., Ferdaus, A. 2006.** Hypolipidemic effects of fenugreek seed powder. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 1: 64-67.
- Morais, E.C., Morais, A.R., Cruz, A.G., Bolini, H.M. 2014.** Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. *Journal of Dairy Science*, 97(5): 2600-2609.
- Morrison, D.J., Preston, T. 2016.** Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes*, 7(3): 189-200.
- Mugambi, M.N., Musekiwa, A., Lombard, M., Young, T., Blaauw, R. 2012.** Synbiotics, probiotics or prebiotics in infant formula for full term infants: a systematic review. *Nutrition Journal*, 11: 81-103.
- Mumcu, Ş.A., Temiz, A. 2014.** Effects of prebiotics on growth and acidifying activity of probiotic bacteria. *Gıda*, 39(2): 71-77.
- Murad, H.A., H Mohamed, S., G Abu-El- Khair, A., Azab, E.A., A Khalil, M. 2016.** Impact of xanthan gum as fat replacer on characteristics of low fat Kariesh cheese. *International Journal of Dairy Science*, 11(3): 106-113.
- Murtaza, M.S., Sameen, A., Huma, N., Hussain, F. 2017.** Influence of hydrocolloid gums on textural, functional and sensory properties of low fat Cheddar cheese from buffalo milk. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(1): 27-34.
- Nagpal, R., Behare, P.V., Kumar, M., Mohania, D., Yadav, M., Jain, S., Menon, S., Parkash, O., Marotta, F., Minelli, E., Henry, C.J.K., Yadav, H. 2012.** Milk, milk products and disease free health: An updated overview, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(4): 321-333.
- Najgebauer-Lejko D., Grega, T., Tabaszewska, M. 2014.** Yoghurts with addition of selected vegetables: acidity, antioxidant properties and sensory quality. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 13(1): 35-42.
- Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Rahmani, A., Tajabadi, N., Meimandipour, A., Rasti, B., Abd Manap, M.Y. 2012a.** Physicochemical and textural properties of reduced fat cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10: 59-63.
- Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Mirhosseini, H., Shuhaimi, M., Meimandipour, A., Omidizadeh, A., Abd Manap, M.Y. 2012b.** Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar cheeses containing fat replacers. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 46-54.

- Nazzaro, F., Fratianni, F., Nicolaus, B., Poli, A., Orlando, P. 2012.** The prebiotic source influences the growth, biochemical features and survival under simulated gastrointestinal conditions of the probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *Anaerobe*, 18(3): 280-285.
- Nguyen, N.H.T., Morland, C., Villa Gonzalez, S., Rise, F., Storm-Mathisen, S., Gundersen, V., Hassel, B. 2007.** Propionate increases neuronal histone acetylation but is metabolized oxidatively by glia. Relevance for propionic academia. *Journal of Neurochemistry*, 101(3): 806-814.
- Niamah, A.K., Al-Sahlany, G.S.T., Al-Manhel, A.J. 2016.** Gum arabic uses as prebiotic in yogurt production and study effects on physical, chemical properties and survivability of probiotic bacteria during cold storage. *World Applied Sciences Journal*, 34(9): 1190-1196.
- Niamah, A.K., Sahi, A.A., Al-Sharifi, A.S.N. 2017.** Effect of feeding soy milk fermented by probiotic bacteria on some blood criteria and weight of experimental animals. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(3): 284-291.
- Niknezhad, S.V., Asadollahi, M.A., Zamani, A., Biria, D. 2016.** Production of xanthan gum by free and immobilized cells of *Xanthomonas campestris* and *Xanthomonas pelargonii*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82: 751- 756.
- Niknezhad, S.V., Asadollahi, M.A., Zamani, A., Biria, D., Doostmohammadi, M. 2015.** Optimization of xanthan gum production using cheese whey and response surface methodology. *Food Science and Biotechnology*, 24(2): 453–460.
- O’Sullivan, L., Murphy, B., McLoughlin, P. 2010.** Prebiotics from marine macroalgae for human and animal health applications. *Marine Drugs*, 8: 2038-2064.
- Oberg, E.N. 2013.** Increasing stringiness of low fat mozzarella cheese using polysaccharides. *MSc Thesis*, Utah State University, Department of Food Microbiology and Safety, Logan, Utah.
- Oberg, E.N., Oberg, C.J., Motawee, M.M., Martini, S., McMahon, D.J. 2015.** Increasing stringiness of low-fat mozzarella string cheese using polysaccharides. *Journal of Dairy Science*, 98(7): 4243–4254.
- Ognean, C.F., Darie, N., Ognean, M. 2006.** Fat replace: A review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 12(2): 433-442.
- Olano-Martin, E., Gibson, G.R., Rastall, R.A. 2002.** Comparison of the in vitro bifidogenic properties of pectins and pecticoligosaccharides. *Journal of Applied Microbiology*, 93: 505-511.
- Omak, G., Özcan, T., Ersan, L.Y. 2016.** Biyolojik detoksifikasyon ve probiyotikler. *Journal of Agricultural Faculty*, 30(1): 157-168.
- O’Neill, Í., Schofield, Z., Hall, L.J. 2017.** Exploring the role of the microbiota member *Bifidobacterium* in modulating immune-linked diseases. *Emerging Topics in Life Sciences*, 1(4): 333-349.
- Onoğur, T.A., Elmacı, Y. 2011.** Gıdalarda duyusal değerlendirme. Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir, 148 s.
- Ötleş, S., Çağmıdı, Ö., Akçiçek, E. 2003.** Probiotics and health. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4: 369-372.

- Özcan, O., Özcan, T., Yılmaz-Ersan, L. Akpınar-Bayizit, A. 2015.** Plant prebiotics for the development of fermented dairy products. International Conference on Engineering and Natural Science, 15-19 May, 2015, Skopje, Macedonia.
- Özcan, O., Özcan, T., Yılmaz-Ersan, L., Akpınar-Bayizit, A., Delikanli, B. 2016.** The use of prebiotics of plant origin in functional milk products. *Food Science and Technology*, 4: 15-22.
- Özcan, T. 2013.** Determination of yogurt quality by using rheological and textural parameters. *Nutrition and Food Science*, 2(53): 118-122.
- Özcan-Yılsay, T., Akpınar-Bayizit, A., Yılmaz, L. 2001.** Alglerden elde edilen ve gıda sanayiinde kullanılan stabilize edici maddeler ve fonksiyonları. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1): 233-240.
- Özden, A. 2013.** Probiyotik. *Güncel Gastroenteroloji*, 17(1): 22-38.
- Özer, B. 2006.** Yoğurt bilimi ve teknolojisi. Sidas Matbaacılık, İzmir, 168-169 s.
- Palframan, R., Gibson, G.R., Rastall, R.A. 2003.** Development of a quantitative tool for the comparison of the prebiotic effect of dietary oligosaccharides. *Letters in Applied Microbiology*, 37: 281-284.
- Panesar, P.S. 2011.** Fermented dairy products: Starter cultures and potential nutritional benefits. *Food and Nutrition Sciences*, 2(1): 47-51.
- Paraskevopoulou, I., Athanasiadis, G., Blekas, A.A., Koutinas, M., Kanellakib, V., Kiosseoglou. 2003.** Influence of polysaccharide addition on stability of a cheese whey kefir-milk mixture. *Food Hydrocolloids*, 17(5): 615-620.
- Parker, R.B. 1974.** Probiotics, the other half of the antibiotics story. *Animal Nutrition and Health*, 29: 4-8.
- Parra-Matadamas, A., Mayorga-Reyes, L., Pérez-Chabela, M.L. 2015.** In vitro fermentation of agroindustrial by-products: grapefruit albedo and peel, cactus pear peel and pineapple peel by lactic acid bacteria. *International Food Research Journal*, 22(2): 859-865.
- Parvez, S., Malik, K.A., Ah Kang, S., Kim, H.Y. 2006.** Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology*, 100: 1171-1185.
- Patel, S., Goyal, A. 2012.** The current trends and future perspectives of prebiotics research: A review. *Biotechnology*, 2(2): 115-125.
- Patrignani, A.F., Iucci, L., Lanciotti, R., Vallicelli, M., Mathara, J., Holzapfel, W.H., Guerzoni, M.E. 2007.** Effect of high-pressure homogenization, nonfat milk solids, and milkfat on the technological performance of a functional strain for the production of probiotic fermented milks., *Journal of Dairy Science*, 90(10):4513-4523.
- Peitsoudou, K., Karantanos, T., Theodoropoulos, G.E. 2012.** Dig Sung. 29(5): 426-428.
- Peker, H. 2012.** Keçiboynuzu gamı kullanılarak az yağlı yoğurt ve zeytin yaprağı ekstraktı kullanılarak fonksiyonel meyveli yoğurt üretimlerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Peng, Y., Serra, M., Horne, D., Lucey, J. 2009.** Effect of fortification with various types of milk proteins on the rheological properties and permeability of nonfat set yogurt. *Journal of Food Science*, 74(9): 666-673.

- Pessione, E., Cirrincione, S. 2016.** Bioactive molecules released in food by lactic acid bacteria: Encrypted peptides and biogenic amines. *Frontiers in Microbiology*, 7: 876.
- Phillips, A.O., Phillips, G.O. 2011.** Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic: *Food Hydrocolloids*, 25(2): 165-169.
- Phillips, G.O., Williams, P.A. 2000.** Handbook of hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, Florida, 450 pp.
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, A.G., Horbanczuk, J., Wierzbicka, A. 2018.** Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23(2): 1-19.
- Polari, L., Ojansivu, P., Makela, Eckerman, C., Holmbom, B., Salminen, S. 2012.** Galactoglucomannan extracted from spruce (*Picea abies*) as a carbohydrate source for probiotic bacteria. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 60: 11037-11043.
- Preedy, V.R., Watson, R.R. 2016.** Probiotics, prebiotics and synbiotics: Bioactive foods in health promotion. Elsevier Inc., UK, 908 pp.
- Prentice, A.M. 2014.** Dairy products in global public health. *The American Journal Clinical Nutrition*, 99(5): 1212–1216.
- Priyodip, P., Prakash, P.Y., Balaji, S. 2017.** Phytases of probiotic bacteria: Characteristics and beneficial aspects. *Indian Journal of Microbiology*, 57(2): 148-154.
- Rakib, M.R.H., Kabir, A., Amanullah, S.M. 2017.** Starter cultures used in the production of probiotic dairy products and their potential applications: A review. *Chemical and Biomolecular Engineering*, 2(2): 83-89.
- Reid, G., Sanders, M.E., Gaskins, H.R., Gibson, G.R., Mercenier, A., Rastall, R., Roberfroid, M., Rowland, I., Cherbut, C., Klaenhammer, T. 2003.** New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 37: 105–118.
- Rezaei, R., Khomeiri, M., Kashannejad, M., Aalami, M. 2011.** Effects of guar gum and arabic gum on the physicochemical, sensory and flow behaviour characteristics of frozen yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 64(4): 564.
- Roberfroid, M.B. 2007.** Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 1660-1664.
- Roberts, K.T. 2011.** The physiological and rheological effects of foods supplemented with guar gum. *Food Research International*, 44(5): 1109-1114.
- Rolim, P.M. 2015.** Development of prebiotic food products and health benefits. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1): 3-10.
- Rosa, D.D., Dias, M.M.S., Grześkowiak, Ł.M., Reis, S.A., Conceição, L.L., Peluzio, M.D.C.G. 2017.** Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. *Nutrition Research Reviews*, 30(1): 82-96.
- Saini, R.D. 2017.** Chemistry of functional foods and their role in disease control. *International Research Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 13(2): 191-203.
- Sakin, Y.S., Tanoglu, A. 2016.** Prebiotics and their effects on human health. *Medicine Science International Medical Journal*, 5(3): 210-23.

- Salah, R.B., Chaari, K., Besbes, S., Ktari, N., Blecker, C., Deroanne, C., Attia, H. 2010.** Optimization of xanthan gum production by palm date (*Phoenix dactylifera* L.) juice by-products using response surface methodology. *Food Chemistry*, 121(2): 627-633.
- Salminen, S. 1996.** Uniqueness of probiotic strains. *IDF Nutrition Newsletter*, 5(145): 16-18.
- Salminen, S., von Wright, A., Morelli, L., Marteau, P., Brassart, D., de Vos, W.M., Fonden, R., Saxelin, M., Collins, K., Mogensen, G., Birkeland, S.E., Mattila-Sandholm, T. 1999.** Demonstration of safety of probiotics – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 44(1-2): 93-106.
- Salminen, S., Ouwehve, A.C., Isolauri, E. 2002.** Probiotics: an overview of beneficial effects. *Antonie van Leeuwenhoek*, 82(1-4): 279-289.
- Sanders, M.E. 2015.** Probiotics in 2015: Their scope and use. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 49(1): 2-6.
- Sanders, M.E., Merenstein, D., Merrifield, C.A., Hutkins, R. 2019.** Probiotics for human use. *Nutrition Bulletin*, 43(3): 212–225.
- Santiago-López, L., Hernandez-Mendoza, A., Garcia, H.S., Mata-Haro, V., Vallejo-Cordoba, B., Gonzalez-Cordova, A.F. 2015.** The effects of consuming probiotic-fermented milk on the immune system: A review of scientific evidence. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2): 153- 303.
- Sanz, T., Salvador, A., Jimene, A., Fiszman, S.M. 2008.** Yogurt enrichment with functional asparagus fibre: effect of fibre extraction method on rheological properties, colour and sensory acceptance. *European Food Research and Technology*, 227(5):1515-1521.
- Sattar, M.U., Sameen, A., Huma, N., Shahid, M. 2015.** Exploit fat mimetic potential of different hydrocolloids in low fat mozzarella cheese. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(8): 518-525.
- Say, D. 2008.** Haşlama suyunun tuz konsantrasyonu ve depolama süresinin kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Schaafsma, G. 1996.** State of the art concerning probiotic strains in milk production. *IDF Nutrition Newsletter*, 5(145): 23-24.
- Schrezenmeir, J., De Vrese, M. 2001.** Probiotics, prebiotics and synbiotics approaching a definition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2): 361–364.
- Seçkin, K., Baladura, E. 2011.** Süt ve süt ürünlerinin fonksiyonel özellikleri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 27–38.
- Sekhon, B.S., Jairath, S. 2010.** Prebiotics, probiotics and synbiotics: an overview. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 1(2): 13-36.
- Senaka Ranadheera, C., Evans, C.A., Adams, M.C., Baines, S.K. 2012.** Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, 135(3): 1411-1418.
- Sergen, O. 2010.** *Bifidobacterium bifidum* DN 173010 içeren probiyotikli meyvalı yoğurt tüketen çocuklarda dental plaktaki ve tükürükteki ağız- diş sağlığı ile ilgili bakterilerin araştırılması, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodontri Anabilim Dalı, İstanbul.

- Shahzadi, N., Butt, M.S., Sharif, M.K., Nasir, M. 2007.** Effect of guar gum on the serum lipid profile of sprague dawley rats, *LWT - Food Science and Technology*, 40(7): 1198-1205.
- Sharma, M., Shukla, G. 2016.** Metabiotics: one step ahead of probiotics; an insight into mechanism involved in anticarcinogenic effect in colorectal cancer. *Frontiers in Microbiology*, 7: 1940.
- Sharma, S., Rao, T.R. 2014.** Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 791–800.
- Shiby, V.K., Mishra, H.N. 2013.** Fermented milks and milk products as functional foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5): 482-496.
- Shokryazdan, P., Sio, C.C., Kalavathy, R., Liang, J.B., Alitheen, N.B., Jahromi, M.F., Ho, Y.W. 2014.** Probiotic potential of *Lactobacillus* strains with antimicrobial activity against some human pathogenic strains. *BioMed Research International*, 2014: 1-16.
- Shori, A.B. 2016.** Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. *Food Bioscience*, 13: 1-8.
- Slavin, J. 2013.** Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 5(4): 1417-35.
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S., Corrieu, G. 2004.** The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2): 113-137.
- Soukoulis, C., Tzia, C. 2008.** Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 61(2): 170-177.
- Soukoulis, C., Lyroni, E., Tzia, C. 2010.** Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9): 1351-1358.
- Sousaa, S., Pinto, J., Pereira, C., Malcata, F.X., Bertoldo Pacheco, M.T., M.Gomes, A., Pintado, M. 2015.** In vitro evaluation of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour prebiotic potential. *Food And Bioprocess Processing*, 95(7): 96–105.
- Sömer, V.F., Akpınar, D., Başığit Kılıç, G. 2012.** *Lactobacillus casei*'nin sağlık üzerine etkileri ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda*, 37(3): 165-172.
- Sperti, G.S. 1971.** Probiotics. Avi Publishing Company, Westpoint, USA, 120 pp.
- Sun, Z., Harris, H.M., McCann, A., Guo, C., Argimon, S., Zhang, W., Yang, X., Jeffery, I.B., Cooney, J.C., Kagawa, T.F., Liu, W., Song, Y., Salvetti, E., Wrobel, A., Rasinkangas, P., Parkhill, J., Rea, M.C., O'Sullivan, O., Ritari, J., Douillard, F.P., Paul Ross, R., Yang, R., Briner, A.E., Felis, G.E., de Vos W.M., Barrangou, R., Klaenhammer, T.R., Caufield, P.W., Cui, Y., Zhang, H., O'Toole, P.W. 2015.** Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera. *Nature Communications*, 29(6): 8322.
- Syafiq, A., Amir, I., Sharon, W. 2014.** Mixture experiment on rheological properties of dark chocolate as influenced by cocoa butter substitution with xanthan gum/corn starch/glycerin blends. *International Food Research Journal*, 21(5): 1887–1892.

- Tamime, A.Y., Marshall, V.E., Robinson, R.K. 1995.** Microbiological and technological aspects of milks fermented by Bifidobacteria. *Journal of Dairy Research*, 62(1): 151-187.
- Tamime, A.Y., Saarela, A., Korslund-Sondergaard, A., Mistry, V.V., Shah, N.P. 2005.** Production and maintenance of viability of probiotic micro-organisms in dairy products: Probiotic dairy products, Ed.: Tamime, A., Blackwell Publishing Ltd, UK, pp: 39-97.
- Taşdemir, A. 2017.** Probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler. *Kastamonu Sağlık Akademisi*, 2(1): 71-88.
- Tekün, E. 2015.** Farklı eğitim düzeylerindeki obez olan ve olmayan bireylerin fonksiyonel besinleri kullanma durumlarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme Ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul.
- Thamacharoensuk, T., Taweechoatrat, M., Kajikawa, A., Okada, S., Tanasupawat, S. 2017.** Induction of cellular immunity interleukin-12, antiproliferative effect, and related probiotic properties of lactic acid bacteria isolated in Thailand. *Annals of Microbiology*, 67(8): 511-518.
- Tharmaraj, N., Shah, N.P. 2003.** Selective enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, Bifidobacteria, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus* and Propionibacteria. *Journal of Dairy Science*, 86(7): 2288-2296.
- Tiwari, B.K., Muthukumarappana, K., O'donnell, C.P., Cullen, P.J. 2010.** Rheological properties of sonicated guar, xanthan and pectin dispersions. *International Journal of Food Properties*, 13(2): 223-233.
- Tompkins, T.A., Mainville, I., Arcand, Y. 2011.** The impact of meals on a probiotic during transit through a model of the human upper gastrointestinal tract. *Beneficial Microbes*, 2(4): 295-303.
- Tripathi, M.K., Giri, S.K. 2014.** Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9(1): 225-241.
- Tsilingiri, K., Rescigno, M. 2013.** Postbiotics: What else? *Beneficial microbes*, 4(1): 101-107.
- Usta, B., Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T. 2015.** Prebiyotik etkinin değerlendirilmesinde nicel yaklaşımlar. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan, Nevşehir.
- Usta, B., Yılmaz-Ersan, L. 2017.** Evaluation of prebiotic potential of salep obtained from some orchidaceae species. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10): 6191-6198.
- Usta-Görgün, B., Yılmaz-Ersan, L. 2019.** Bifidogenic effect of salep powder. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(2): 150-158.
- Ünal, E., Erginkaya, Z. 2010.** Probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonu. *Gıda Dergisi*, 35(4): 297-304.
- Vareltzis, P., Adamopoulos, K., Stavrakakis, E., Stefanakis, A., Goula, A.M. 2016.** Approaches to minimise yoghurt syneresis in simulated tzatziki sauce preparation. *International Journal of Dairy Technology*, 69(2): 191-199.
- Vergin, F. 1954.** Antibiotics and probiotics. *Hippokrates*, 25(4): 116-119.
- Voragen, F., Beldman, G., Schols, H. 2001.** Chemistry and enzymology of pectins: Advance dietary feed technology, Ed.: Mcleary, B.V., Prosky, L., Blackwell Science, London, pp: 379.

- Vulevic, J., Rastall, R.A., Gibson, G.R. 2004.** Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. *FEMS Microbiology Letters*, 236(1): 153-159.
- Walsh, A.M., Crispie, F., Kilcawley, K., O’Sullivan, O., O’Sullivan, M.G., Claesson, M.J., Cotter, P.D. 2016.** Microbial succession and flavor production in the fermented dairy beverage kefir. *Applied and Environmental Science*, 1(5): 16.
- Wan, M.L., Forsythe, S.J., El-Nezami, H. 2018.** Probiotics interaction with foodborne pathogens: a potential alternative to antibiotics and future challenges. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, 5: 1-14.
- Wang, Y. 2009.** Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International*, 42(1): 8–12.
- Wang, Z., Wu, J., Zhu, L., Zhan, X. 2017.** Characterization of xanthan gum produced from glycerol by a mutant strain *Xanthomonas campestris* CCTCC M2015714. *Carbohydrate Polymers*, 157: 521–526.
- Wong, J.M.W., de Souza, R., Kendall, C.W.C., Emam, A., Jenkins, D.J.A. 2006.** Colonic health: Fermentation and short chain fatty acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40(3): 235-423.
- Wu, R., Wang, W., Yu, D., Zhang, W., Li, Y., Sun, Z., Wu, J., Meng, H., Zhang, H. 2009.** Proteomics analysis of *Lactobacillus casei* Zhang, a new probiotic bacterium isolated from traditional home-made Koumiss in Inner Mongolia of China. *Molecular & Cellular Proteomics*, 8(10): 2321-2338.
- Wüstenberg, T. 2014.** General overview of food hydrocolloids: Cellulose and cellulose derivatives in the food industry: Fundamentals and applications, Ed.: Wüstenberg, T., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp: 1-68.
- Yang, J., Xu, Y. 2018.** Functional carbohydrate polymers: Prebiotics : Polymers for food applications, Ed.: Gutiérrez, T.J., USA, pp: 651-691.
- Yang, M.L., Jiang, R., Liu, M., Chen, S.J., He, L., Ao, X.L., Zhou, K. 2017.** Study of the probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from chinese traditional fermented pickles. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3): 1-7.
- Yasmin, A., Butt, M.S., Afzaal, M., Van Baak, M., Nadeem, M.T., Shahid, M.Z. 2015.** Prebiotics, gut microbiota and metabolic risks: Unveiling the relationship. *Journal of Functional Foods*, 17: 189–201.
- Yaşar, B., Kurdaş, O.Ö. 2009.** Probiyotikler ve gastrointestinal sistem (Probiyotik teriminin tarihçesi ve tanımı), *Güncel gastroenteroloji*, 13: 1-24.
- Yeo, S.K., Liong, M.T. 2010.** Effect of prebiotics on viability and growth characteristics of probiotics in soymilk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2): 267-275.
- Yılmaz, L. 2006.** Yoğurt benzeri fermente süt ürünleri üretiminde farklı probiyotik kültür kombinasyonlarının kullanımı. *Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Yılmaz, M., Seçilmiş, H. 2006.** Gaz kromatografisi headspace sistemi ile süt ürünlerinde bazı aroma bileşenlerinin analizi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 24-26 Mayıs, 2006, Bolu.
- Yılmaz-Ersan, L., Akpınar-Bayizit A., Özcan, T. 2012.** The effect of prebiotics on the bioavailability of mineral elements in infant formulas. International Symposium of Probiotics Prebiotics in Pediatrics, 24–26 February, 2012, İstanbul.

- Yılmaz-Ersan, L., Kurdal, E. 2014.** The production of set-type-bio-yoghurt with commercial probiotic culture. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5): 402-408.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Delikanlı, B. 2016a.** Bifidojenik faktör olarak laktoz türevlerinin önemi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(2): 79-90.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Omak, G. 2016b.** Impact of some gums on the growth and activity of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. 3rd International Conference on Food Sciences and Health (ICFSH 2016), 26-28 November, 2016, Sydney, Australia.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Delikanlı-Kıyak, B. 2017.** The characterization of the textural and sensory properties of buffalo milk yogurt. International Conference on Food and Agricultural Engineering (ICFAE), 11-12 Mayıs, 2017, Lisbon, Portekiz.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Usta, B., Kandil, M., Eroğlu, E. 2018.** The effect of gums on the growth of *Bifidobacterium longum*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6): 4270-4276.
- Zhang, T., Zhang, Z.H., Yan, H. 2012.** Effects of stabilizers and exopolysaccharides on physicochemical properties of fermented skim milk by *Streptococcus thermophilus* ST1. *African Journal of Biotechnology*, 11(22): 6123-6130.
- Zhao, Q., Zhao, M., Yang, B., Cui, C. 2009.** Effect of xanthan gum on the physical properties and textural characteristics of whipped cream. *Food Chemistry*, 116(3): 624-628.
- Ziaolhagh, S.H., Jalali, H. 2017.** Physicochemical properties and survivability of probiotics in bio-doogh containing wild thyme essence and xanthan gum. *International Food Research Journal*, 24(4): 1805-1810.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mervenur KANDİL
Doğum Yeri ve Tarihi : Beykoz/İstanbul - 09.01.1994
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : İzmit Atılım Anadolu Lisesi (2008-2012)
Lisans : Hacettepe Üniversitesi (2012-2016)
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi (2016-2019)

İletişim (e-posta) : mervvnrkandil@gmail.com

Yayınları :

Kandil, M., Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A. 2017. Gamların prebiyotik özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi Dergisi*, 18: 18-26.

Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Omak, G., Kandil, M., Topçuoğlu, E. 2017. Süt hayvanlarında mastitisin önlenmesi ve tedavisinde transgenik uygulamalar. 1. Ulusal Sütçülük Kongresi, 25-26 Mayıs, 2017, Ankara.

Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Usta, B., Kandil, M., Eroğlu, E. 2018. The effect of gums on the growth of *Bifidobacterium longum*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6): 4270-4276.

U.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje No: KUAP(Z)- 2015/29), 2015. Yenilebilir mantarın probiyotik bakterilerin gelişimi üzerine etkisi ve fermente süt ürünlerinde kullanımı. Yardımcı Araştırmacı, 2017.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Mervenur KANDİL
Tez Adı	BAZI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞMESİ ÜZERİNE KSANTAN GAMIN ETKİSİ
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans Tezi
Tez Danışmanı	Doç. Dr. Lütfiye YILMAZ ERSAN
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 06.08.2019

İmza : 